TRATTATO DI IDROMETRIA

O DI

IDRAULICA PRATICA

PER

DOMENICO TURAZZA

Professore di Matematica Applicata nella R. Università di Padova, uno dei XL della Società italiana delle scienze, membro effettivo del Reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti, ecc ecc.

Seconda edizione interamente rifusa e notabilmente aumentata

PADOVA
Tipografia Editrice F. Sacchetto
1867

TRATTATO DI IDROMETRIA

O DI

IDRAULICA PRATICA

PER

DOMENICO TURAZZA

Professore di Matematica Applicata nella R. Università di Padova, uno dei XL della Società italiana delle scienze, membro effettivo del Reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti, ecc ecc.

Seconda edizione interamente rifusa e notabilmente aumentata

PADOVA
Tipografia Editrice F. Sacchetto
1867

PREFAZIONE

Sono già corsi oltre venti anni dacchè io pubblicava un Trattato d'idrometria ad uso degli ingegneri, ed il pubblico gli fu largo di una benevoglienza maggiore certamente di quella che poteva meritare, e superiore eziandio a quanto io avessi mai potuto impromettermi. Il bisogno di sostituire un libro stampato agli informi ed errati manoscritti che correvano fra le mani dei miei giovani allievi mi fece precipitare forse troppo quella pubblicazione, così che dopo brevissimo tempo io cominciai già ad accarezzare l'idea di riformare quel libro interamente, accrescendolo di quel tanto che la fretta, e forse una

idea soverchiamente ristretta della cosa, mi avevano fatto o lasciare da parte, o toccare troppo leggermente. Le molteplici mie occupazioni fecero sì ch' io non potessi dar opera così assidua a questo lavoro, come pure l'avrei desiderato, e dovetti tenermi pago di pubblicare in separate memorie quelle questioni che potevano meritare un maggiore sviluppo, e ricevere una qualche utile applicazione nella pratica. Ora finalmente questo mio vecchio desiderio potè ricevere il suo compimento, ed io rendo pubblico questo, che posso ben dire, nuovo *Trattato di idrometria, o di idraulica pratica*, il quale vorrei lusingarmi che superasse il primo di lunga mano, e per la maggior copia dei dati in esso raccolti, e per la maggiore estensione data alla materia, e per la teoria fisica dei fiumi che ho tentato di esporre in esso con tutta quella maggiore larghezza che questa scienza Italiana poteva esigere da chi ha dovuto svilupparne pubblicamente per tanti anni le principali regole ed i cardinali precetti.

Anche dopo venticinque anni di prova ripeterò quì quello che ho detto altra volta; cioè ch' io credo l'idraulica non essere altro che una scienza puramente esperimentale, e dover dare al calcolo quest' unico ufficio, di scrivere com-

pendiosamente le regole dimostrate dalla esperienza e di dedurre dalle stesse quelle immediate conseguenze che da loro direttamente discendono. Ripeterò quì che io volli compilare un'opera pegli ingegneri, non un'opera di matematica, una idraulica esperimentale applicabile, non un'idraulica razionale, assai probabilmente, inapplicabile.

Nulla dirò delle innovazioni e delle aggiunte fatte in questo mio nuovo lavoro, dappoichè esse appariranno manifeste dall'indice generale dell'opera. Non sempre ho citato gli autori dei quali mi valsi nella compilazione di questo scritto, ma vorrei credere che questo non mi sarà imputato a pretesa di farmi bello degli altrui studii; egli è che mi sarebbe stato impossibile di citare i tanti valentissimi che mi precedettero, e dei quali io sono stato forzato a valermi; per me sarei ben contento se potessi con questo lavoro recare una benchè minima utilità al mio paese, e lasciare in esso ai miei giovani e vecchi allievi una memoria del loro Professore, al quale per tanti anni furono sempremai benevoli di affettuosa attenzione e di cara ricordanza.

INDICE

LIBRO PRIMO

Foronomia.

LIBRO SECONDO

Del movimento dell'acqua per entro ai lunghi tubi di condotta e delle norme per la loro sistemazione.

LIBRO TERZO

Misuramento e teoria delle correnti.

LIBRO QUARTO

Teoria dei canali regolati.

LIBRO QUINTO

Fisica dei fiumi.

LIBRO SESTO

Dispensa delle acque.

Trattato di Idrometria

Introduzione

Capo I. — Nozioni.

1. Presso noi italiani, quale venerata eredità dei Padri la parola *idrometria* è accettata ad indicare quella *Scienza che ha per iscopo la misura e la regolazione delle acque correnti;* anzi forse, con significato più largo, dicesi *idrometria l'idraulica pratica.*

2. I problemi che formano lo scopo dell'idrometria sono:

I. Assegnare le regole in base allo quali poter calcolare in ogni caso la quantità di acqua che esce dai fori aperti nel fondo o nelle sponde dei recipienti. — *Foronomia.*

II. Rintracciare le leggi che segue l'acqua nel suo corso per entro ai lunghi tubi di condotta, e dedurne le regole per la sistemazione dei tubi stessi. — *Tubi di condotta.*

III. Discutere le migliori pratiche usate allo scopo di misurare la velocità delle acque correnti per entro gli alvei naturali o artefatti, e rintracciare le leggi del loro movimento. — *Misuramento e teoria delle correnti.*

IV. Assegnare le norme maggiormente accreditate per la sistemazione di quei canali che, non escavando nè interrendo il loro alveo, si dicono canali regolati. — *Teoria dei canali regolati.*

V. Dedurre dalla osservazione e dalla esperienza i principali fatti che si riportano al regime idraulico dei fiumi, e da questi le regole per la sistemazione dei fiumi stessi. — *Fisica dei Fiumii.*

VI. Assegnare le rogole e le pratiche più sicure per distribuire l'acqua in data quantità, o per partire un corpo d'acqua in dato rapporto. — *Dispensa e partizione delle acque correnti.*

Questa divisione della materia sarà quella che noi seguiremo nel presente trattato; ma prima riassumeremo qui alcune delle principali nozioni dell'idrostatica.

3. Dicesi *liquido* quel corpo le cui minime particelle sono così disgiunte le une dalle altre da cedere alla più piccola forza che tenda a metterle in movimento, e la cui densità non varia considerabilmente nè per pressione nè per temperatura, finchè esse si conservano dentro i limiti delle pressioni e temperature mezzane.

Nessuno dei liquidi che la natura ci presenta gode forse assolutamente della predetta proprietà; ma nell'acqua l'aderenza che impedisce alle sue minime particelle di scorrere le une sopra le altre è così piccola cosa da potersi trascurare; di modo che l'acqua almeno può aversi in conto di liquido perfetto, senza timore che questa supposizione conduca in pratica ad errori valutabili.

4. Proprietà caratteristica dei liquidi, e dei fluidi in genere, è quella di trasmettere inalterate, in tutti i punti e in tutte le direzioni, le pressioni esercitate in uno de' suoi punti qualunque. Se il liquido è viscoso il principio dell'eguale trasmissione delle pressioni ha luogo egualmente, solo esse non si trasmettono istantaneamente, ma dopo un certo tempo la pressione esercitata in uno qualunque de' suoi punti è eguale a quella che ha luogo in ogni punto della massa, in tutti i punti delle pareti.

La pressione si esercita sempre perpendicolarmente alla superficie premuta.

5. Dalla definizione stessa dei liquidi discende che la suprema superficie dei liquidi in equilibrio deve essere dovunque perpendicolare alla direzione della forza sollecitante; imperocchè se la forza che sollecita una molecola posta alla superficie fosse obliqua alla superficie medesima, essa potrebbe risolversi in due, l'una normale e l'altra tangenziale. Quest' ultima non trovando contrasto, porterebbe la molecola fluida a sfuggire per la tangente, onde verrebbe meno il supposto equilibrio. Di più la direzione della forza deve essere rivolta dall' infuori della massa verso l' interno.

Nei liquidi pesanti, non sollecitati da altra forza, la superficie libera sarà da per tutto perpendicolare alla direzione della gravità; quindi, considerata in piccola estensione, sarà un piano orizzontale. Questo piano si dice il *piano di livello* del liquido.

6. Per le molecole situate nell' interno l'ostacolo al loro movimento procede unicamente dal liquido circostante, e la molecola resta in equilibrio allora soltanto che trovasi stretta fra forze eguali. Ne'solidi oltre la pressione interviene anche

la tenacità, per cui quand'anche le pressioni sieno diseguali, e perciò siavi nella molecola la tendenza a cedere alla pressione prevalente, la tenacità contrasta alla tendenza predetta.

Ne discende che se una massa liquida è equilibrata si può sicuramente affermare che diventando solida, o in tutto o in parte, conserverà l'equilibrio; ma non sarebbe egualmente giusto l'argomentare in contrario.

7. Se nell'interno di una massa liquida equilibrata si considera una piccola superficie *s* piana ed orizzontale, essa pel peso del liquido sopporterà una pressione eguale al peso di un prisma di liquido avente per base la detta superficie e per altezza la sua distanza dal piano di livello; imperocchè se si immagina il prisma insistente verticalmente sulla *s*, e si supponga che tutto il rimanente della massa fluida sia passato allo stato di solidità, si scorge tosto gravare sulla superficie *s* tutto il peso del prisma predetto.

Se dunque diciamo *q* il peso di un metro cubo del liquido che si considera; *h* la distanza verticale che separa la superficie *s* dal piano di livello, e *p* la pressione che essa sopporta in causa del peso del liquido, sarà

$$p = q.\ s.\ h.$$

Capo II. — Delle pressioni sopportate dalle superficie immerse nei liquidi.

8. La pressione sopportata da una superficie qualunque immersa in un liquido si compone di due parti.

1.° Della pressione trasmessa per l'intermezzo del liquido, e questa eguaglia quella che essa sopporterebbe per l'azione della forza che preme sulla superficie, se fosse direttamente sottoposta alla sua azione.

2.° Della pressione dovuta al peso del liquido sovraincombente, e questa è quella che ci faremo ora a rintracciare.

9. La superficie immersa sia piana. Sia *ds* un elemento della superficie, e *z* la sua distanza dal piano di livello; la pressione che esso sopporta sarà

$$dp = q.\ z\ ds$$

e siccome tutte le pressioni elementari sono perpendicolari alla superficie premuta, e quindi parallele fra loro, sarà

$$p = q \int z\ ds$$

estendendo l' integrale a tutta la superficie. Ma detta S la superficie, e G la distanza del suo centro di gravità dal detto piano è

$$\int z\ ds = S.\ G$$

dunque sarà

$$p = q.\ S.\ G.$$

cioè

« La pressione che una superficie piana immersa in un liquido soffre pel peso del liquido sovraincombente eguaglia il peso di un prisma liquido che ha per base la superficie premuta, e per altezza la distanza del suo centro di gravità dal piano di livello. »

10. Si scorge da ciò come una sottile colonna fluida dilatandosi in ampia falda sopra una base molto estesa possa esercitare una pressione enorme, e si spiegano i maravigliosi effetti del torchio idraulico.

Sta in ciò il così detto paradosso idrostatico; ma è falso il dirlo paradosso, essendo una necessaria conseguenza del principio dell'eguale trasmissione delle pressioni, come è facile convincersene mediante un po' di attenzione.

11. Siccome la projezione di una figura piana sopra un piano qualunque eguaglia l'area della figura projettante moltiplicata pel coseno dell'angolo che il piano della figura comprende col piano di projezione, così

« La componente della pressione, sopportata da una superficie piana immersa in un liquido, in virtù del peso del liquido stesso, perpendicolare ad un piano qualunque eguaglia il peso di un prisma liquido avente per base la projezione della superficie premuta sul piano dato, e per altezza la distanza del centro di gravità della superficie medesima dal piano di livello. »

Infatti detta S l'area della superficie, G la distanza del suo centro di gravità dal piano di livello, α l'angolo che il suo piano forma col piano proposto; P la pressione sopportata, e Q la sua componente perpendicolare al piano, sarà

$$P = q.\ S.\ G\ ;\ \text{e}\ Q = P.\ \cos\alpha$$

ossia

$$Q = q.\ S.\ \cos\alpha.\ G$$

dunque ecc.

12. Per quanto spetta al senso secondo cui opera la pressione e la sua componente, convien ricordare che la pressione si esercita sempre verso la superficie premuta. Dicendo quindi positiva la pressione quando si esercita verso un piano dato, converrà considerare o positiva o negativa la projezione

della superficie premuta sopra del piano secondo chè la pressione è diretta verso il piano oppure in senso opposto.

13. Mediante il teorema ora dimostrato ecco come si possono assegnare le pressioni che sopporta una superficie qualunque.

Si riferisca la superficie a tre piani rettangolari; si prenda il piano di livello per piano delle XY, e si fissi l'asse delle z verticale o diretto dall'alto al basso. Sia

$$z = f(x,y)$$

l'equaziono della superficie proposta; l'elemento superficiale le cui coordinate sono x, y, z, avrà per projezione sui piani YZ; XZ; XY, rispettivamente

$$\pm dy.\ dz\ ;\ \pm dx.\ dz\ ;\ \pm dy.\ dx$$

dette quindi X, Y, Z le componenti della pressione risultante, ed F, G, H i tre giratori componenti, sarà

$$X = \pm q\int_2 z\, dy\, dz; Y = \pm q\int_2 z\, dx.dz; Z = \pm q\int_2 z\, dy.dx$$

$$F = \pm q\int_2 (y\, dy - z\, dz) z.dx$$

$$G = \pm q\int_2 (z\, dz - x\, dx) z\, dy$$

$$H = \pm q\int_2 (x\, dx - y\, dy) z\, dz$$

e

$$P^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$$
$$M^2 = F^2 + G^2 + H^2$$

dove basterà sostituire a z il suo valore, ed estendere gli integrali fra i limiti corrispondenti al caso particolare che si considera.

14. Se tagliando la superficie immersa con un piano orizzontale la sezione che ne risulta è sempre una curva rientrante in se stessa, allora sarà

$$X = o\ ;\ Y = o$$

imperocchè ad ogni valore di z corrispondono due valori di $d\,y\,d\,z$; e di $d\,x.d\,z$ eguali e di segno opposto, i quali perciò si distruggono reciprocamente. Allora resterà solo

$$Z = \pm q\int_2 z\ d\ x.d\ y;$$

ma

$$\int_2 z\ d\ x\ d\ y$$

rappresenta il volume compreso dalla superficie immersa, e siccome di più Z sarà diretta verso il piano di livello, così

« Se la superficie immersa, è tale che tagliata con un piano orizzontale si ottenga sempre una curva rientrante in se stessa, allora tutte le pressioni, sopportate dalla superficie pel peso del liquido circostante, si riducono ad una forza unica eguale al peso del volume di liquido spostato, e diretta verticalmente dal basso in alto. »

Riducendosi poi tutte le pressioni elementari ai pesi dei volumi fluidi spostati dagli elementi verticali del volume, così

« La pressione risultante passerà pel centro di gravità del volume liquido spostato. »

Questo caso corrisponde o a quello di un corpo interamente immerso in un liquido, e a quello di un corpo galleggiante nel liquido stesso.

Capo III. — Dell' equilibrio dei liquidi coi corpi immersi, e dei pesi specifici.

15. Un corpo immerso in un liquido è sollecitato

1.° Dal peso del corpo stesso; questo si riduce ad una forza verticale, diretta dall'alto al basso, passante pel centro di gravità del corpo, ed eguale al suo peso.

2.° Dalle pressioni del liquido circostante: queste pure si riducono ad un'unica forza, verticale, diretta dal basso verso l'alto, passante pel centro di gravità del liquido spostato, ed eguale al peso del liquido spostato.

Detto P il peso del corpo, P_1 quello del liquido spostato, e p la distanza che separa le due verticali passanti pei due centri di gravità del corpo e del liquido spostato, l'effetto delle dette forze si ridurrà ad uno risultante R e ad un giratore G espressi da

$$R = P - P_1$$
$$G = P_1 . p$$

R verticale, diretta dall'alto al basso, e G orizzontale e diretto perpendicolarmente al piano verticale che passa pei due centri di gravità predetti.

16. Discende che

1.° Un corpo immerso in un liquido perde tanto del suo peso quanto è il peso della massa liquida spostata.

2.° Perchè un corpo si equilibri in un liquido è mestieri che il peso del corpo eguagli il peso della massa liquida

spostata, e che i centri di gravità del corpo e del liquido spostato cadano sulla medesima verticale.

Mancando la prima delle precedenti condizioni il corpo avrà moto progressivo in direzione verticale; mancando la seconda il corpo girerà fino a tanto che i due centri di gravità cadano sulla verticale medesima.

3.° Se il corpo peserà meno del liquido rimosso salirà a gala, e sporgerà di tanto che il peso del liquido cacciato eguagli quello del corpo.

17. Prendendo a termine di confronto nella stima delle densità dei corpi quella dell'acqua, dicesi *peso specifico* o *gravità specifica* di un corpo il rapporto che esiste fra il peso assoluto del corpo stesso e il peso di un egual volume di acqua distillata alla temperatura più 4.° del termometro centigrado.

Ora quanto si è dimostrato superiormente ci porge un mezzo semplicissimo d'esplorare i pesi specifici dei corpi così solidi come liquidi. Rimandando per maggiore dettaglio ai trattati speciali qui ci accontenteremo di esporre sommariamente quel solo che può tornare utile nella pratica dell'ingegnere.

18. Esplorare il peso specifico di un corpo più pesante dell'acqua.

Si pesi il dato corpo nel vuoto e poi nell'acqua distillata; sia P il suo peso nel vuoto, e P_1 nell'acqua, il suo peso specifico q sarà

$$q = \frac{P}{P - P_1}$$

Infatti $P - P_1$ altro non è che il peso di un volume di acqua eguale a quello del corpo.

Si è detto di pesare il corpo nel vuoto, ma nella pratica ordinaria si può pesare invece nell'aria, perchè la differenza monta a sì poco che può ordinariamente sprezzarsi. Lo stesso si dica se invece di acqua distillata si usa di acqua comune.

19. Esplorare il peso specifico di un corpo meno pesante dell'acqua.

Si congiunga al corpo dato altro corpo molto più pesante dell'acqua e di cui sia noto, o siasi determinato prima il peso specifico; si determini come precedentemente il peso specifico del composto, e si avrà quello cercato così.

Sia p_1 il peso assoluto del corpo dato, p_2 quello del corpo aggiunto; sia q_1 il peso specifico del primo, q_2 quello del secondo, e sia q_3 il peso specifico del composto; sarà

$$q_1 = \frac{p_1}{\frac{p_1 + p_2}{q_3} \quad \frac{p_2}{q_2}}$$

Infatti $\frac{p_1}{q_1}$ sarà il peso di un volume d'acqua eguale al volume del corpo dato, e $\frac{p_2}{q_2}$ quello del volume d'acqua eguale al volume del corpo aggiunto, per cui

$$\frac{p_1}{q_1} + \frac{p_2}{q_2}$$

sarà il peso di un volume d'acqua eguale a quello del composto, di cui essendo $p_1 + p_2$ il peso assoluto, e q_3 il peso specifico, sarà

$$q_3 = \frac{p_1 + p_2}{\frac{p_1}{q_1} + \frac{p_2}{q_2}}$$

donde tosto la superiore.

Più generalmente col mezzo di quest'ultima equazione si possono risolvere tutti i problemi nei quali essendo date quattro della quantità precedenti si ricerca la quinta. Di qui il problema della corona celebre per la soluzione d'Archimede, ed altri.

20. Esplorare il peso specifico di un liquido.

Uno stesso corpo si pesi prima nel liquido proposto e poi nell'acqua e si notino le rispettive perdite di peso; si divida la prima perdita per la seconda, ed il quoziente sarà il peso specifico cercato.

Infatti così operando si divide il peso di due eguali volumi l'uno del liquido proposto l'altro dell'acqua, dunque ecc.

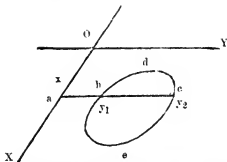
Più spedito è l'uso degli Areometri pei quali rimando ai corsi speciali.

21. Prendendo per unità di volume il metro cubo, ed un metro cubo di acqua distillata pesando mille chilogrammi, la gravità specifica dell'acqua non dovrà esprimersi per *uno* ma sibbene per 1000.

Le gravità specifiche determinate coi modi sopra esposti andranno dunque moltiplicate per mille, e allora il numero corrispondente rappresenterà in chilogrammi il peso assoluto del metro cubo di essa sostanza, locchè torna molto vantaggioso nella pratica. Le tavole che porgono i pesi specifici per uso degli ingegneri sono appunto costruite in questa maniera.

Capo IV. — Del centro di pressione.

22. Nelle superficie piane immerse nei liquidi diecsi *centro di pressione* quel punto pel quale passa la risultante di tutte le pressioni esercitate sopra ciascuno de'suoi elementi dal peso del liquido sovraincombente.

23. Si voglia determinare il centro di pressione nella superficie piana qualunque d b e c.

Si riferisca la figura proposta a due assi presi nel suo piano, l'uno dei quali OY sia l'intercezione del piano della figura col piano di livello, e l'altro OX qualunque. Sieno y_2 ed y_1 i due valori dell'ordinata che corrisponde ad un dato valore di x, e si dicano X ed Y le coordinate del centro di pressione, sarà

$$X = \frac{\int (y_2 - y_1)\, x^2.dx}{\int (y_2 - y_1)\, x dx} \; ; \; Y = \frac{\frac{1}{2}\int (y_2^2 - y_1^2)\, x dx}{\int (y_2 - y_1)\, x dx}$$

estendendo gli integrali ai valori di x che corrispondono al punto più alto ed al punto più basso della figura proposta.

Scomposta infatti la superficie ne'suoi elementi orizzontali, il centro di pressione di ciascuno dei medesimi starà nel suo punto di mezzo, e quindi avrà per coordinate

$$x \text{ e } \frac{1}{2}(y_2 + y_1)$$

d'altra parte la pressione elementare sarà

$$K(y_2 - y_1)\, xdx$$

essendo K un coefficiente di proporzionalità. Eguagliando quindi i momenti della risultante alla somma di quelli delle componenti si ricadrà appunto nelle superiori.

24. Se la figura proposta è simmetrica intorno ad un asse non orizzontale, basterà prendere quest'asse per l'asse OX, e allora essendo $y_1 = - y_2$ sarà $Y = o$ ed

$$X = \frac{\int y\, x^2 .\, d\, x}{\int y\, x\, d\, x}$$

25. Applicando le formule superiori al caso di un trapezio, i cui tali paralleli sieno orizzontali, detto *a* il lato superiore, b l'inferiore, h la lunghezza della retta congiungente i punti di mezzo dei lati paralleli, ed m la lunghezza della parte del prolungamento di questa retta compresa frà il lato snperiore e la superficie di livello, sarà

$$X = m + \frac{h}{2}\, \frac{2m(a + 2b) + h(a + 3b)}{3m(a + b) + h(a + 2b)}$$

Donde sarà facile dedurre i casi seguenti

1.° Trapezio col lato superiore a livello

$$X = \frac{h}{2}\, \frac{a + 3b}{a + 2b}$$

2.° Parallelogrammo con due lati a livello

a) immerso

$$X = m + \frac{h}{3}\, \frac{3m + 2h}{2m + h}$$

b) A livello

$$X = \frac{2}{3} h$$

3.° Triangolo con un lato orizzontale o il vertice opposto collocato superiormente

a) immerso

$$X = m + \frac{h}{2}\, \frac{4m + 3h}{3m + 2h}$$

b) vertice a livello

$$X = \frac{3}{4} h$$

4.° Triangolo con un lato orizzontale e il vertico opposto collocato inferiormente

a) immerso

$$X = m + \frac{h}{2} \frac{2m + h}{3m + h}$$

b) Col lato a livello

$$X = \frac{1}{2} h$$

26. Così pure si troverà che nell'olisse di cui uno degli assi sia orizzontale, detta *m* la distanza del suo centro dal piano di livello, contata sulla retta condotta dal centro nel piano della figura perpendicolarmente alla sua intersezione col piano di livello, ed *a* il semi asse non orizzontale, è

a) Per l'intera elisse tutta sommersa

$$X = m + \frac{1}{4} \cdot \frac{a^2}{m}$$

per la semi elisse, pure tutta sommersa,

$$X = \frac{\frac{1}{4} \pi a^2 (m^2 + \frac{1}{4} a^2) \mp \frac{2}{3} a^3 m}{\frac{1}{4} \pi a^2 . m \mp \frac{1}{3} a^3}$$

dove il sogno superiore vale pel caso in cui il vertice sia situato superiormente, e l'inferiore quando il vertice sia al di sotto.

In qnest'ultimo caso se il centro è a livello sarà

$$X = \frac{3}{16} \pi . a$$

Questo formole valgonoqualunquo sia la grandezza dell'asse orizzontale, e quindi anche pel cerchio.

Così pure nella parabola di cni l'asse sia perpendicolare alla comune intersezione del piano della figura col piano di livello, detta *m* la distanza del vertice dal piano di livello ed *h* l'estensione del segamento parabolico, contate ambedue lungo l'asse e il suo prolungamento, sarà

$$X = \frac{1}{4} \frac{35 . m^2 \pm 42 mh + 15 h^2}{5 m \pm 3 h}$$

dove il segno superiore vale pel caso del vertice collocato superiormente, e l'inferiore pel caso del vertice collocato al basso.

Se il vertice è a livello sarà

$$X = \frac{5}{7} h$$

Se, il vertice essendo al basso, il segamento si termina a livello sarà

$$X = \frac{4}{7} h$$

27. La pressione diffusa su tutti gli elementi del piano si può tutta intendere concentrata o raccolta nel centro di pressione, e sostenuto quel punto da una forza eguale alla risultante, o sia alla somma di tutte le pressioni elementari, sarà sostenuto il piano contro la spinta del fluido.

Capo V. — Del peso dell'acqua e del valore della gravità.

28. Allorchè l'acqua è intieramente pura, e sia presa al suo massimo di densità, cioè assai prossimamente a quattro gradi centigradi, essa pesa mille chilogrammi per ogni metro cubo, ossia un chilogramma per decimetro cubo; ma tre cause ne fanno variare il peso

1.° *La temperatura.* È noto che il calorico dilata tutti i corpi, e diminuisce con ciò la loro densità, e quindi il loro peso specifico. Allorchè la temperatura dell'acqua è maggiore di quattro gradi centigradi il suo peso specifico è minore, e propriamente esso non è che 999,72 chilogrammi a 10° C, e 956,7 a 100.° Se la temperatura è minore di quattro gradi il peso specifico dell'acqua torna a diminuire, dapprima lentamente e poi rapidamente. A *o*°, ridottasi in ghiaccio, non pesa più che 930 chilogrammi.

2.° *Le pressioni cui trovasi sottoposta.* Questa causa ha minima influenza, non comprimendosi l'acqua che di 46 millionesimi del suo volume per la pressione di una atmosfera.

3.° *Le materie che tiene in sospeso.* Anche quest'ultima causa di variazione può essere generalmente trascurata per le acque dolci ordinarie, non facendo variare il peso che di quantità insensibile. Per l'acqua di mare questa influenza non è trascurabile; si stima in medio il peso dell'acqua marina essere chilogrammi 1026,3.

29. Potremo dunque conchiudere che nelle nostre temperature medie, e nelle varie circostanze in cui ci occorrerà di dover stimare il peso dell'acqua, il peso di un metro cubo della stessa non varierà che da 998,4 chilogrammi a 999,0 Tuttavolta suolsi prendere sempre il peso di 1000 chilogrammi, rendendosi con questo valore estremamente facile la conversione dei metri cubici di acqua in chilogrammi, e viceversa.

30. È noto dirsi intensità della gravità, ed esprimersi colla lettera g, il doppio dello spazio descritto da un corpo liberamente cadente nel primo minuto secondo; è noto pur anco che la gravità decresce dai poli andando verso l'equatore, e salendo dalla superficie del mare sulle alte montagne. Mediante ricerche, che qui non potrebbero trovar luogo si è ottenuto

$$g = 9{,}80557\ (1 - 0{,}002588 \,.\, \cos.\ 2\ l)\ (1 + \frac{5}{4} \,.\, \frac{e}{r})$$

dove l esprime la latitudine del luogo, e la sua elevazione al di sopra del livello del mare, ed r il raggio dello sferoide terrestre corrispondente al luogo dell'osservazione e che è espresso dalla

$$r = 6366407\ (1 + 0{,}00164 \,.\, \cos.\ 2\ l)$$

alla latitudine di 45° sarà dunque

$$g = 9{,}80557.\ \left(1 + \frac{5}{4} \,.\, \frac{e}{6366407}\right)$$

e nelle piccole elevazioni ordinario

$$g = 9{,}80557$$

Più comunemente presso noi si adotta per g il valore che ha alla latitudine di Parigi, che è

$$g = 9{,}80880$$

Capo VI. — Del principio della trasformazione del lavoro.

31. A rendere più semplice la soluzione di parecchie questioni ci varremo in seguito del principio generale della trasformazione del lavoro; ed io reputo quindi non essere fuori di luogo il darne qui una sommaria illustrazione.

32. *Lavorare* è vincere una resistenza e far percorrere al suo punto d'applicazione uno spazio. Il *lavoro* quindi si compone di due elementi, *resistenza vinta* e *spazio percorso.*

Come lavoro tipo si assume il lavoro che occorre per sollevare un peso ad un'altezza, o il lavoro compiuto da un peso disceso da un'altezza. *Unità di lavoro* è il lavoro che è mestieri di spendere per elevare il peso di un chilogrammo all'altezza di un metro — dicesi un *chilogrammetro*.

Il lavoro sviluppato da una forza qualunque si otterrà moltiplicando la forza, valutata in chilogrammi, per lo spazio percorso dal suo punto d'applicazione nella direzione della forza, valutato in metri.

Se la forza varia il lavoro si otterrà sommando i lavori elementari sviluppati dalla stessa nel passaggio del suo punto d'applicazione dalla posizione sua originaria alla finale.

È poi indifferente o projettare lo spazio percorso dal punto d'applicazione sulla direzione della forza e moltiplicare la forza per la detta projezione; oppure scomporre la forza in due l'una nella direzione dello spazio percorso e l'altra perpendicolare alla stessa, e moltiplicare la componente della forza secondo la direzione dello spazio percorso per la lunghezza dello spazio medesimo.

33. Per imprimere ad un corpo di massa m una data velocità v è mestieri di far agire sul medesimo una forza motrice F per un certo tempo, nel qual tempo, essa fa percorrere al corpo stesso un certo spazio S al cui termine si trova avere acquistato appunto la data velocità. Ora se invece si adopera la stessa forza a vincere una corrispondente resistenza per tutta la lunghezza dello spazio S, essa svilupperà una quantità di lavoro eguale alla metà del prodotto della massa m del corpo pel quadrato della velocità acquistata v.

Infatti detta w la velocità acquistata dal corpo al termine dello spazio S sarà

$$\frac{F}{m} = \frac{dw}{dt}$$

e quindi

$$F \,.\, ds = m \,.\, \frac{ds}{dt}\, dw = m \,.\, w \,.\, dw$$

e integrando

$$\int_0^s F \,.\, ds = \frac{1}{2}\, m \,.\, v^2$$

La quantità $\frac{1}{2}\, mv^2$ si dice *semi-forza viva del corpo*

Inversamente un corpo dotato di una semi-forza viva data estinguendo la stessa contro una resistenza, che può superare, sviluppa *un lavoro* eguale precisamente alla *semi-forza viva estinta.*

34. Risulta potersi con un dato lavoro ottenere una eguale semi-forza viva e inversamente, di modo che l'una di queste quantità può convertirsi nell'altra con perfetta reciprocità.

La *semi-forza viva* non è *lavoro,* come il *lavoro* non è *semi-forza viva,* bensì l'una si può permutare nell'altro; perciò la *semi-forza viva* potrebbe benissimo dirsi un *lavoro disponibile.*

35. Le forze agenti sopra un sistema qualunque si distinguono in *forze moventi* ed in *forze resistenti.*

Dicesi *movente* la forza quando, la sua direzione facendo angolo acuto colla direzione della velocità del punto di applicazione, tende ad aumentare questa velocità; dicesi *resistente* quando invece forma angolo ottuso colla direzione della suddetta velocità, e con ciò tende a diminuirla.

Essendo P la forza e dp la projezione dello spazio descritto sulla direzione della forza, per le forze moventi P e dp saranno del medesimo segno, e per le forze resistenti saranno invece di segno opposto.

Quindi il lavoro $P.dp$ delle forze moventi sarà positivo, e sarà negativo quello delle forze resistenti.

36). Ciò premesso se si abbia un sistema qualunque di punti materiali sollecitato comunque da forze o residenti nei punti stessi, o emananti da centri fissi, e il detto sistema passi da una sua posizione data ad un'altra qualunque per l'azione delle forze predette, allora

« *Il lavoro delle forze moventi diminuito del lavoro delle forze resistenti eguaglia costantemente l'aumento delle semi-forze vive del sistema.* »

In ciò consiste il principio della trasformazione del lavoro.

37. Non sarebbe questo il luogo di dare del suddetto principio una generale dimostrazione, che si può d'altronde trovare in tutti i moderni trattati di meccanica; bensì credo opportuno di porre qui alcune considerazioni allo scopo di facilitarne l'applicazione, e di togliere la possibilità che possa essere per avventura franteso.

Detta m la massa dell'elemento generico del sistema, w_0 ed w_u le sue velocità iniziale e finale, P la forza movente generica, e Q la resistente, sarà

$$\Sigma \int P \, . \, dp - \Sigma \int Q \, . \, dq = \frac{1}{2} \Sigma \, m \, w^2_n - \frac{1}{2} \Sigma \, m \, . \, w^2_o$$

estendendo le somme a tutti gli elementi costituenti il sistema.

Ora nel primo membro di questa equazione entra e il lavoro dovuto alle forze esterne al sistema, e quello dovuto alle forze interne o reciproche inerenti al sistema medesimo. Se la distanza mutua delle varie molecole componenti il sistema non varia durante il moto allora il lavoro dovuto alle forze interne è nullo, e non resta quindi che il solo lavoro dovuto alle forze esterne.

Così pure se il sistema è formato da più corpi i quali durante il movimento restano in contatto l'uno coll'altro, reagendo gli uni sopra degli altri, come sarebbe in una macchina, allora ai punti di contatto succederanno delle modificazioni molecolari, ma il lavoro dovuto alle stesse sarà generalmente assai piccolo in paragone di quello dovuto alle azioni esterne, e si fa sentire in quel lavoro che si dice essere consumato dall'attrito; per cui, tenendo conto di questo, si può per altra parte stimare ancora nel primo membro dell'equazione fondamentale solo quel lavoro che è dovuto alle forze esterne al sistema.

Lo stesso devesi dire generalmente di un liquido incomprensibile, potendosi considerare come formato dalla riunione di particelle materiali solide scorrenti le une sopra le altre con attrito pressochè insensibile, e similando quindi un'insieme di corpi solidi reagenti gli uni sugli altri, come precedentemente.

38. Così non sarebbe qualora le molecole concepissero vibrazioni o movimenti particolari delle une rapporto alle altre, nel qual caso converrebbe mettere in conto anche il lavoro interno dovuto alle azioni molecolari. Ma siccome nei casi in cui noi avremo ad applicare il teorema superiore questo non succederà, così non credo necessario di entrare qui in questi particolari, che d'altronde domanderebbero discussioni troppo lunghe e minute.

LIBRO PRIMO

FORONOMIA

Capo I. — Nozioni.

39. Allorchè nel fondo o nelle sponde di un recipiente qualunque ripieno di liquido aprasi un foro, il liquido sgorga da questo foro presentando particolari fenomeni dipendenti dalle circostanze sotto la cui influenza avviene l'efflusso. La discussione di questi fenomeni, la ricerca delle leggi dalle quali sono essi regolati, finalmente l'applicazione di queste leggi al calcolo della quantità di liquido che in un tempo determinato esce dal foro medesimo costituisce lo scopo della *Foronomia.*

40. Pressochè nulla potè additare il calcolo rapporto a quei fenomeni e a quelle leggi, reso incertissimo della mancanza di dati sicuri, dalla nessuna sicurezza delle fisiche ipotesi, e quasi intrattabile per analitiche difficoltà; di modo che siamo forzati ad affidarci pressochè interamente alla sola esperienza, difficile anch'essa e minuta, ma che, adoperata da molto tempo con ingegno e costanza, ha potuto raccogliere una messe non ispregiovole di importanti risultamenti, dei quali può notabilmente vantaggiarsi la pratica.

41. Delle leggi che regolano l'efflusso dell'acqua dai pertugi dei vasi, quelle che precipuamente interessano la pratica hanno per iscopo la determinazione della quantità di liquido che esce in un tempo assegnato dai fori stessi, e in qualche caso la conoscenza della velocità posseduta dal liquido; anzi possiam dire questo sole essere le ricerche che propriamente interessano l'ingegnere. Ora diremo

Portata unitaria, elementare, od anche solo *Portata* la quantità di liquido che fluisce da un dato foro in un minuto secondo sessagesimale di tempo medio. La *Portata totale,* ossia la quantità di liquido fluita in un tempo determinato si avrà moltiplicando la portata unitaria pel numero dei secondi contenuti in quel tempo.

42. Il recipiente da cui sgorga il liquido può essere intrattenuto a livello costante, oppure può questo livello variare col tempo; diremo *efflusso a livello costante* il primo; *efflusso a livello variabile* il secondo.

43. Il livello costante può aversi

a) per essere il recipiente talmente esteso che la quantità di liquido fluente dal foro, anche per tempo abbastanza lungo, non può arrecarvi variazione sensibile.

b) perchè il bacino riceve precisamente tanta acqua quanta ne sgorga dal foro. Qui però è mestieri osservare che l'acqua che entra deve entrare così che quella in vicinanza al pertugio non riesca sensibilmente mossa, altrimenti il livello non si dovrebbe più avere in conto di livello costante.

c) Mediante meccanismi opportunamente suggeriti a questo scopo.

Nella comune pratica però non si riscontrano che i due primi casi soltanto.

Capo II. — Della continuità della massa liquida e della regola del Castelli.

44. Dicesi *continua* la massa liquida allorchè tutte le varie parti che la compongono sono a perfetto contatto fra loro, cosicchè non siavi frà l'una e l'altra interruzione di sorta. Se ciò non ha luogo allora la massa dicesi *discontinua.*

45. Ammesso che nei liquidi la densità sia costante, come si può sempre assumere in pratica, la condizione di continuità della massa liquida si riduce alla seguente:

Se nella massa liquida si separa col pensiero una porzione qualunque della massa medesima, questa porzione, durante il movimento, cambierà generalmente parlando di forma, ma non muterà di volume.

Così non si può dire se la massa è discontinua, imperocchè per la disgiunzione delle varie sue parti il volume di una sua porzione qualunque può crescere indefinitivamente, e ciò per le parti prive di liquido che si trovano allora interposte fra le parti liquide, o che possono assumere qualunque grandezza.

46. La precedente condizione scritta in linguaggio algebrico, conduce facilmente alla nota equazione di continuità della massa liquida; ma io non mi farò qui a rintracciarla perchè per noi inservibile e di uso pratico pressochè nullo. Invece tenteremo per altra via di esprimere la condizione medesima così da uniformarci meglio ai casi pratici ai quali dovremo in seguito applicarla.

47. A quest'uopo in un punto qualunque della massa liquida consideriamo una piccola area elementare y, e supponiamo che le molecole liquido, che alla fine del tempo t si presentano per attraversarla, sieno dotate tutte di una velocità comune v, inclinata per tutte egualmento alla y; locchè si può fare perchè, essendo la y infinitesima, le variazioni delle velocità in un dato istante corrispondenti ai varii suoi punti non potrebbero essere che infinitesime d'ordine superiore, e quindi trascurabili. Per ciò nell'istante dt passerà per y un prisma obliquo di liquido, avente per base y e per lunghezza lo spaziotto vdt descritto in quel tempuscolo dalle molecole, e la cui altezza sarà quindi lo spazio descritto dalle molecole perpendicolarmente alla y, che si otterrà decomponendo la v in due, l'una parallela alla y e l'altra, che diromo u, perpendicolare alla stessa, e moltiplicando questa per dt.

Se quindi consideriamo una sezione qualunque praticata nella massa liquida, e suddividiamo la stessa in tante piccolissime aree elementari y, e per ciascuna valutiamo la componente ad essa perpendicolare della velocità con cui è attraversata dalle molecole liquide alla fine del tempo t e la diciamo u, la quantità di liquido che alla fine del tempo t passa per detta sezione nell'istante dt sarà data dalla

$$dt . \Sigma y u$$

estendendo la somma a tutta la sezione.

48. Supponiamo ora che una massa liquida scorra contenuta fra pareti fisse formanti come un canale, il quale riesca tutto riempiuto dalla massa medesima. Se in questa massa pratichiamo due sezioni terminate ambedue alle pareti solide, e non intersecantisi fra loro, tanto liquido dovrà entrare per l'una quanto ne esce dall'altra, imperocchè entrandone più la massa liquida interchiusa fra quelle due sezioni si costiperebbe, e si rareferebbe invece entrandone meno, locchè non può avvenire fino a che la massa si mantiene continua.

Ne discende che la quantità $\Sigma y . u$ dovrà ad ogni istante essere eguale per tutte le sezioni, ed essere quindi indipendente dal luogo occupato dalla sezione; solo potrà essere una funzione del tempo.

La condizione di continuità nel caso accennato potrà dunque scriversi così

$$\Sigma y . u = f(t)$$

essendo $f(t)$ una funzione arbitraria del tempo.

49. Se le componenti delle velocità perpendicolari ad una sezione qualunque sono tutte eguali fra loro, allora, detta s l'area totale della sezione, la precedente si riduce alla

$$s \, . \, u = f \, (t)$$

e per un'altra sezione sarà

$$s' \, . \, u' = f \, (t)$$

quindi per un egual valore di t sarà

$$s \, . \, u = s' \, . \, u'$$

ossia

$$u : u' = s' : s$$

Cioè: « se le componenti dello velocità valutate perpendicolarmento ad una sezione qualunque fatta nella massa fluente sono tutte eguali fra loro, allora ad ogni singolo istante le dette componenti per due sezioni staranno fra loro in ragione inversa dello aree delle rispettive sezioni. »

Lo stesso si potrà anche prossimamente dire se le velocità varieranno pochissimo da punto a punto e le loro direzioni sieno presso a poco parallele, prendendo la seziono piana e perpendicolare alla direzione media delle molecole, e per velocità la media delle velocità che hanno lo molecole nei varii punti della seziono.

Egli è sotto questo punto di vista, e colle accennate limitazioni, che la regola superiore diventa la *regola del Castelli*, dal nome di questo celebre idraulico nostrale che primo la introdusse nella scienza, e ne mostrò l'uso nello pratiche applicazioni.

50. Abbiamo detto che la massa liquida scorra fra pareti solide costituenti un canale per intero riempiuto dalla massa liquida; questa è per l'applicazione della regola superioro condizione indispensabile, perchè se la massa liquida contenuta fra lo due sezioni potesse dilatarsi o costiparsi allora non sarebbe più vero che tanto liquido deve entrare per l'una quanto ne esce per l'altra. Questo potrebbe succedere per es. scorrendo il liquido entro un canale aperto superiormente, perchè nulla impedisce che l'acqua fra due sezioni possa alzarsi o deprimersi; sarà però applicabile anche in questo caso la regola se il liquido fra quelle due sezioni si mantiene sempre alla medesima altezza.

Capo III. — Dei fenomeni del gorgo e della vena contratta.

51. Nel fluire dell'acqua da un orificio qualunque si presentano i due fenomeni del *gorgo* e della *contrazione della vena*. Questi fenomeni riescono più o meno complicati a seconda che si complicano più o meno le particolari circostanze che accompagnano la bocca di efflusso. Comincieremo ad esaminarli nei casi i più semplici per farci strada più sgombra a considerarli nei casi più complicati.

52. Supponiamo che sul fondo di un recipiente sia aperto un foro circolare, piccolo in paragone alla sezione del recipiente, che il fondo sia piano, la grossezza della luce piccola in confronto delle dimensioni del foro, e le pareti del recipiente molto discoste dal foro. In questo caso mettendo nel recipiente, supposto trasparente, dei briccioli di materie il cui peso specifico eguagli quello dell'acqua, o meglio producendovi dei leggeri precipitati chimici, come quello che ha luogo allorchè in un'acqua leggermente salata si versano alcune goccie di nitrato d'argento, si scorgono le dette materie, e quindi le molecole liquide che le accompagnano, discendere per un certo tratto verticalmente fino a che sono giunte ad una distanza dall'orificio circa tripla del suo raggio; allora convergono tutte verso l'orificio medesimo, descrivendo linee curve sensibilmente convesse dalla parte dell'asse del vaso, e accelerando il loro moto come verso un centro di attrazione. La corrente dell'acqua forma con ciò in vicinanza al pertugio una specie di conoide molto divergente, la cui altezza è circa una volta e mezza il diametro del foro, avente per base inferiore la seziono del foro stesso e per base superiore quella del vaso.

A questa conoide si dà il nome di *gorgo*.

Rimane stagnante, o dotata di movimenti suoi proprii indipendenti da quelli del resto della massa fluida, quel poco di acqua che sta fra il gorgo e le pareti del vaso.

53. La curvatura assunta nell'interno del vaso dalle trajettorie delle molecole liquide continua al di là del foro per un certo tratto, producendo un successivo restringimento nella seziono del getto, fino a che le molecole, in virtù della loro adesione e dei movimenti impressi, tornano a discendere per un piccolo tratto sensibilmente parallele, dopo di che esse si sparpagliano e finiscono col cadere in goccie più o

meno distinte, e questo principalmente a cagiono dell'aria che si interpone nel getto.

Questo fonomeno si dice *contrazione della vena fluida*, e *sezione della vena contratta*, od anche solo *sezione contratta* si denomina la minima seziono della vena medesima.

54. Nel caso di foro circolare scolpito nel fondo la forma della vena fluida è pur quella di una conoide di rivoluziono intorno alla verticale passante pel centro del foro; ma nulla si può dire con sicurezza intorno alla natura della sua curva meridiana.

Secondo Newton, che primo descrisso il fenomeno, il rapporto fra il diametro dell'orificio e quello della vena contratta sarebbo quello dei numeri 100 e 84. Questo rapporto è però un po' troppo grande, e pare dovuto più a considerazioni teoriche di quello sia a dirette misure. D'altra parte il rapporto stesso subisce delle leggere variazioni dipendenti e dalle dimensioni dell'orificio, e dall'altezza dell'acqua sovraincombente, come sarà meglio mostrato in appresso.

Secondo Eitelwein, in numeri rotondi, si avrebbe fra il diametro del foro, il diamotro della vena contratta o la distanza della sezione minima al foro, il rapporto dei numori 10 : 8 : 5. Questo rapporto è anche quello che viene più comunemente adottato.

55. Il fenomeno si complica allorchè l'orificio è conformato in poligono, o in una curva qualunque differente dal cerchio. In questi casi la vena fluente non conserva più la stessa forma a mano a mano che si discosta dalla bocca di uscita. Se la bocca è un poligono le faccie della vena fluente le quali corrispondono ai lati rettilinei dell'orificio si incavano diventando di più in più concavo a distanza di più in più grande dall'orificio, e gli spigoli corrispondenti agli angoli si troncano e spariscono. Il fenomono si riproduce sopra tutte le vene che escono da un orificio non circolare, e si dice il *rovesciamento della vena fluida*, in quanto che la figura della sezione, ad una certa distanza dal foro, è presso a poco quella che si avrebbe facendo fare alla vena fluente un quarto di rivoluzione intorno al suo asse. Non è però che la vena ruoti, le molecole si mantengono sulla linea che è intersezione della vena fluonte col piano passante pel suo asse e per quel punto del foro pel quale presero ad usciro.

Il fenomeno è ancho accompagnato da particolari circostanze di nodi e di ventri, che però hanno per l'ingegnere piccola o nessuna importanza, e che converrà rintracciare in

quegli autori che ne trattano alla distesa, fra i quali mi accontenterò di citare qui il Bidone [1].

56. Se il foro è scolpito in parete verticale, allora i fenomeni del gorgo e della contrazione della vena fluida hanno luogo egualmente su tutto il contorno del foro, variando soltanto un poco la curvatura delle trajettorie delle molecole per la diversità delle pressioni alle quali sono soggette nei varii punti del contorno del foro medesimo, che si trovano essere in tal caso variamente depressi sotto il piano di livello. Così pure la vena fluente si inclina sempre più quanto più lungi dal foro si considera, e questo per naturale effetto della gravità.

I rapporti assegnati al § 54 si ritengono però sussistere anche in questo caso.

57. Quando il foro si avvicina ad alcuna delle pareti laterali del vaso così da distare meno della dimensione del foro presa perpendicolarmente alla parete stessa, allora l'asse del gorgo e della vena contratta si sposta avvicinandosi alla parete, e ciò tanto più quanto più vicino è il foro alla parete, e la curvatura del gorgo e della vena, dalla parte della parete stessa, si fanno minori. Che se la parete è così posta da formare essa stessa uno dei lati del foro allora su quel lato la contraziono è nulla, ed è massimo lo spostamento dell'asse.

La contrazione dicesi in questi casi *incompleta,* e particolarmente dicesi *contrazione soppressa* sopra una parte del contorno nell'ultimo.

Trattando delle regole per la stima delle portate vedremo alcune norme per valutare l'influenza che ha la vicinanza delle pareti al foro d'efflusso sulla contrazione della vena.

58. Se la superficie nella quale è aperto il foro non è piana, allora la contrazione della vena riesce modificata, principalmente per l'alterazione che la parete curva reca nella direzione dei filetti liquidi che si presentano per attraversare il foro di efflusso.

Intorno alla contrazione nel caso di pareti curve non si hanno, che io mi sappia, altre esperienze oltre quelle del Weisbach [2], le quali si riportano al caso in cui la parete ha la forma di un imbuto, cioè è costituita da un cono di ri-

1. Expériences sur la forme et la dilatation de veines et courants d'eau lancés par diverses ouvertures. — Tourin 1829.

2. Die Experimental Hydraulik. — Freiberg 1855 pag. 70.

voluzione troncato, e di cui il foro di efflusso forma la sezione minore.

I risultamenti di queste esperienze sono riportati nella seguente tabella. In essa α indica l'angolo formato dall'asse del cono col suo apotema contato a partire dall'asse superiormente e discendendo verso la parete, cosichè per la parete piana è $\alpha = 90^\circ$, per la parete conica volgente il vertice verso l'interno della massa liquida è $\alpha > 90^\circ$, ed e $\alpha < 90^\circ$ per parete conica volgente il vertice esteriormente; m esprime il rapporto fra l'area della sezione contratta e quella del foro, e m_1 il rapporto fra l'area della sezione contratta corrispondente a dato valore di α o l'area della sezione contratta nel caso di parete piana.

α	180°	$157°\frac{1}{2}$	135°	$112°\frac{1}{2}$	90°	$67°\frac{1}{2}$	45°	$22°\frac{1}{2}$	$11°\frac{1}{4}$	$5°\frac{3}{4}$	0°
m	0,549	0,540	0,577	0,606	0,632	0,681	0,771	0,902	0,924	0,919	0,938
m_1	0,869	0,861	0,913	0,939	1,000	1,032	1,220	1,472	1,462	1,502	1,532

Questi numeri si devono però avere in conto di approssimati e nulla più.

Il caso di dover usare di fori scolpiti in parete curva è così raro nella pratica che la mancanza di accurate esperienze in proposito è assai poco sentita.

Capo IV. — Della velocità con cui i liquidi escono dai piccolissimi fori praticati nelle pareti dei recipienti.

59. Supporremo in primo luogo che il recipiente da cui esce l'acqua sia mantenuto a livello costante mediante l'introduzione nel recipiente stesso di una quantità di acqua precisamente eguale a quella che nel medesimo tempo esce dal foro. L'afflusso dell'acqua supporremo anche che avvenga alla parte superiore, e che quivi essa si espanda uniformemente sopra la superficie libera di livello. Vedremo in seguito che a questo caso si possono facilmente ricondurre quelli tutti in cui l'afflusso avvenga inferiormente alla superficie suprema.

Essendo all'origine chiuso il foro o il liquido stagnante, se, a un dato istante, si aprirà il foro l'acqua comincierà a fluire con moto vario, che andrà celeremente convergendo verso un moto permanente, di cui è carattere distinto che, preso ad arbitrio un punto qualunque nell'intorno dello spazio occupato dalla massa liquida, le molecole tutte che passano per quel punto, quando giungono nel punto stesso, sono tutte dotate di eguale velocità, egualmente diretta.

Il liquido perviene in tempo brevissimo ad acquistare questo movimento, e noi supporremo di voler determinare la velocità dell'efflusso dall'istante in cui il moto si è reso permanente in avanti, trascurando il tempo tutto che lo ha preceduto.

60. Ridotto permanente il moto, se consideriamo una porzione liquida di massa m racchiusa nell'interno del recipiente, siccome non appena essa ha abbandonato lo spazio che occupava a un dato istante t tosto subentra nel medesimo spazio un'egual massa dotata di eguale velocità, così la somma delle forze vive della massa racchiusa nell'interno del recipiente non soffre variazione alcuna durante il movimento, e basterà, per avere l'aumento della semi-forza viva del sistema, valutare la semi-forza viva della massa di liquido che si è staccata dalla massa fluida contenuta nel recipiente, e che perciò appunto non influisce più su quella che la precede, e sottrarvi la semi-forza viva di quella che nell'istesso tempo è entrata, e che nella parte superiore si è distesa in uno strato orizzontale di un volume eguale a quello della massa fluita.

Se quindi diciamo P il peso dell'acqua fluita nel tempo dt, ed h la distanza verticale del centro di gravità della massa che abbandona il recipiente da quello della massa eguale diffusasi contemporaneamente sulla superficie superiore, il lavoro totale della gravità sarà espresso da

$$P \,.\, h \,.$$

Se poi diciamo v la velocità media posseduta dalla massa fluente, ed u quella dello strato supremo, l'aumento della semi forza viva del sistema sarà

$$\frac{1}{2} \,.\, \frac{P}{g} \, (v^2 - u^2)$$

Supponendo quindi nullo il lavoro dell'attrito, ed eguali le pressioni sulla superficie suprema e sull'infima sezione della massa fluente sarà (§ 36)

$$P \,.\, h = \frac{1}{2} \,.\, \frac{P}{g} \, (v^2 - u^2)$$

61. Essendo la grossezza dello strato superiore, eguale in volume al volume della massa fluita, infinitesima, e potendosi considerare che la massa fluente si stacchi dall'altra nel luogo di massima contrazione della vena, così h sarà la distanza del centro della vena contratta dal piano di livello del liquido: siccome, di più, se il foro è assai piccolo in confronto della sezione suprema del recipiente, sarà u piccolissima in confronto di v, così la superiore si ridurrà alla

$$P.h = \frac{1}{2} \cdot \frac{P}{g} v^2$$

donde

$$v = \sqrt{2\,g\,.\,h}$$

cioè:

« La velocità posseduta dalle molecole liquide uscenti da un piccolo foro praticato nelle pareti di un recipiente, nel quale il livello è mantenuto costante, è quella stessa che acquista un grave discendendo per un altezza verticale eguale alla distanza che vi ha fra il piano di livello del liquido e il centro della sezione contratta. »

62. Se alla superficie suprema del liquido si esercitasse una pressione maggiore di quella che ha luogo nella sezione contratta, allora, detto Q l'eccesso della prima sulla seconda, potremo supporre prolungate le pareti del vaso, e messovi dentro del nuovo liquido finchè si giunga ad un'altezza tale che la pressione esercitata dal medesimo, in virtù del suo peso, sulla superficie originaria eguagli precisamente la pressione Q; allora il liquido sottoposto sarà nelle medesime circostanze di pressione, e basterà aumentare la h di una quantità eguale ad un'altezza di colonna del liquido che si considera capace di esercitare col suo peso sulla superficie del liquido contenuto nel vaso una pressione eguale a Q; cioè, se q rappresenta il peso specifico del liquido, aggiungere ad h una quantità

$$h_1 = \frac{Q}{q};$$

è ben inteso trattarsi di pressione unitaria.

Sarà dunque in tal caso

$$v = \sqrt{2g\left(h + \frac{Q}{q}\right)}$$

63. Abbiamo supposto che l'afflusso dell'acqua avvenga alla superficie suprema, e che quivi l'acqua entrata si dilati in falda orizzontale; se invece l'afflusso avviene lateralmente,

e si dilati l'acqua entrata in falda orizzontale al punto in cui affluisce, allora essa sarebbe qui premuta dal peso del liquido sovraincombente, e, per quanto si è detto precedentemente, bisognerebbe ancora stimare la h dal livello supremo, con chè sussiste il teorema generale del § 61 anche in questo caso.

64. Se invece il livello del liquido varia durante l'efflusso, sia perchè non intervenga nuova acqua a rimpiazzare quella fluita, sia perchè ne intervenga una quantità maggiore o minore di questa, allora il moto non si potrà ridurre mai a moto permanente; però qui pure fra il moto dei primissimi istanti e quello che ha luogo in appresso havvi ancora un'essenzial differenza, e trascurato il primo che dura generalmente un tempo brevissimo, per l'altro, almeno nel caso di foro molto piccolo in paragone della sezione del vaso, potremo ammettere che durante il brevissimo istante dt esso sia permanente, e quindi che in quel breve istante sia ancora

$$v = \sqrt{2g \cdot h}$$

soltanto h in questo caso non sarà più costante, ma varierà invece col tempo, e sarà quindi una funzione di quest'ultima quantità.

Il teorema del § 61 varrà dunque in tutti i casi, ed esso è appunto il noto *teorema di Toricelli* stabilito la prima volta da questo celebre italiano nel 1643.

Capo V. — Dell'efflusso dei vasi costantemente pieni.

65. Dicesi *portata unitaria,* od anche semplicemente *portata* la quantità di acqua che esce da una luce, praticata comunque nelle pareti di un recipiente, in un minuto secondo sessagesimale di tempo medio. La portata totale si avrà moltiplicando la portata unitaria pel numero dei secondi che ha durato l' efflusso.

Velocità media dell'efflusso dicesi poi quella *velocità* che se fosse comune a tutte le molecole fluenti si avrebbe da quel foro la medesima portata che si ha realmente.

66. Se il foro è assai piccolo, oppure se il foro è aperto in parete orizzontale, per cui tutti i suoi punti distino egualmente dal piano di livello, allora si può assai prossimamente attribuire a tutte le molecole liquide fluenti un'eguale velocità e prendere come velocità media dell'efflusso la velocità cor-

rispondente al centro di gravità della seziono contratta; siccome di più lo molecole liquide al di là della sezione contratta discendono per piccolo tratto sensibilmente parallele, così in un minuto secondo fluirà un prisma d'acqua avente per base l'area della seziono contratta, e per altezza la velocità delle molecole, che è quella corrispondente al centro di gravità della sezione medesima.

Ora l'area della sezione contratta ha in ogni caso un certo rapporto coll'aroa del foro, rapporto che varia bensì secondo lo circostanze, ma che torna lo stesso ogni qualvolta lo circostanze tornino le medesime: se quindi diciamo S l'area del foro, m questo rapporto, h la distanza del centro di gravità della seziono contratta dal piano di livello, e Q la portata, sarà

$$(1) \qquad Q = . m S . \sqrt{2g . h}$$

Per foro orizzontale si potrà, senza tema d'errore, prendere per h la distanza del centro di gravità del foro dal piano di livello; e così si farà anche per foro verticale, supponendo il piccolo errore corretto da m. Ben presto troveremo poi le norme per avere gli opportuni valori di m a seconda delle circostanze che accompagnano il foro.

67. Se il foro da cui fluisce l'acqua è grande ed aperto in una dello paroti laterali del recipiente, allora le profondità dei varj suoi punti sotto il livello del liquido sono troppo differenti fra loro perchè possa aversi in conto di velocità media dell'efflusso quella che corrisponde al centro di gravità della seziono contratta; sebbene però questo possa assumersi in moltissimi casi, o particolarmente tutto le volte che l'acqua copre per intero il foro, e vi insiste al di sopra con una conveniente altezza, nel qual caso potrà francamente usarsi della formola precedente. Che se il foro è molto vicino alla suprema superficie, oppure sia molto grande e non troppo discosto dalla superficie stessa, allora l'efflusso dovrà intendersi a questo modo. Si considera la luce spartita ne' suoi elementi orizzontali, i quali si riguardano come altrettante luci parziali, a ciascuna delle quali si applica la formola precedente, e la portata della luce si avrà sommando le portate di ciascuno de' suoi elementi. Siccome però a ciascuno dei detti elementi non si potrebbe attribuire un'egual contrazione così si si accontenta di considerare l'efflusso come se non avesse luogo contrazione, e poi si applica una contrazione

media, moltiplicando la formola risultante per un opportuno coefficiente m, ordinato a correggere la fatta supposizione.

68. La velocità con cui le molecole attraversano la luce sarà generalmente perpendicolare alla luce stessa; però se il piano della luce non riescisse perpendicolare alla direzione media delle molecole liquide allora bisognerà stimare l'area della luce in piano perpendicolare alla direzione media delle velocità, e le portate dei singoli elementi si avranno moltiplicando le proiezioni dello loro arco in piano perpendicolare alla velocità per la velocità che hanno le molecole nell'attraversarli.

69. Ciò premesso supponiamo la luce praticata in parete piana normalmente alla direzione della velocità con cui le molecole liquido l'attraversano, e diciamo α l'angolo che il suo piano forma col piano di livello del liquido. Riferiamo la curva conterminante l'orificio a due assi, l'uno, dello x, preso nel piano della figura secondo la linea di massima pendenza; l'altro, delle y, orizzontale e passante pel punto il più alto del contorno della luce. Sia h la depressione sotto il livello del punto il più alto del foro, e quindi la depressione dell'origine, e, divisa la luce in elementi orizzontali, sia y la lunghezza di quello che corrisponde ad una distanza x dall'origine. L'area di questo elemento sarà $y.dx$, e la sua distanza dal piano di livello $h + x \; sen \; \alpha$; se quindi diciamo a il valore di x che corrisponde al punto il più basso del foro, Q la portata della luce, e V la velocità media dell'efflusso, sarà

$$Q = m\sqrt{2g} . \int_0^a y . \sqrt{h + x . sen\,\alpha} . dx \tag{2}$$

$$V = \sqrt{2g} . \frac{\int_0^a y \sqrt{h + x \; sen\,\alpha} . dx}{\int_0^a y \, dx} \tag{3}$$

Se la luce è verticalo basterà porre $\alpha = 90^o$ e quindi $sen\,\alpha = 1$.

70. Sia la luco un trapezio di cui i lati paralleli sieno orizzontali. Sia b il lato superiore, c l'inferiore ed a la sua altezza. Applicando la formola superiore troveromo

$$Q = \frac{2}{3\,sen\,\alpha} m \sqrt{2g} \left\{ c(h + a.sen\,\alpha)^{\frac{2}{3}} - b h^{\frac{3}{2}} \right. \tag{4}$$

$$-\frac{2}{5\,sen\,\alpha}\cdot\frac{c-b}{a}\left\{(h+a\,sen\,\alpha)^{\frac{5}{2}}-h^{\frac{5}{2}}\right\}\right\}$$

(5) $$V=\frac{4}{3\,sen\,\alpha}\cdot\sqrt{2g}\left\{\frac{c(h+a.sen\,\alpha)^{\frac{3}{2}}-b\,.\,h^{\frac{3}{2}}}{a\,(b+c)}\right.$$

$$\left.-\frac{2}{5\,sen\,\alpha}\cdot\frac{c-b}{c+b}\cdot\frac{(h+a\,sen\,\alpha)^{\frac{5}{2}}-h^{\frac{5}{2}}}{a^2}\right\}$$

Se la luce è verticale basterà porre $\alpha=90^o$, e sarà

(6) $$Q=\frac{2}{3}\,m\sqrt{2g}\left\{c\,(h+a)^{\frac{3}{2}}-b\,.\,h^{\frac{3}{2}}\right.$$

$$\left.-\frac{2}{5}\cdot\frac{c-b}{a}\cdot\left\{(h+a)^{\frac{5}{2}}-h^{\frac{5}{2}}\right\}\right\}$$

(7) $$V=\frac{4}{3}\sqrt{2g}\left\{\frac{c\,(h+a)^{\frac{3}{2}}-b\,.\,h^{\frac{3}{2}}}{a\,(b+c)}\right.$$

$$\left.-\frac{2}{5}\cdot\frac{c-b}{c+b}\cdot\frac{(h+a)^{\frac{5}{2}}-h^{\frac{5}{2}}}{a^2}\right\}$$

Se è $h=o$, cioè se il lato superiore del trapezio è a livello, sarà

(8) $$Q=\frac{2}{15}\,m\left\{3c+2b\right\}a\,.\,\sqrt{2g\,.\,a\,.\,sen\;\alpha}$$

(9) $$V=\frac{4}{15}\,\frac{3c+2b}{c+b}\sqrt{2g\,a\,.\,sen\,\alpha}$$

dove basterà porre $sen\,\alpha=1$ per $\alpha=90.^o$

71. Da queste formole si ricaveranno facilmente i casi seguenti, nei quali tutti si è supposto $\alpha=90.^o$

a) *Parallelogrammo* coi lati orizzontali

(10) $$Q=\frac{2}{3}\,m\,b\,.\sqrt{2g}\left\{(h+a)^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}\right\}$$

e per $h=o$

(11) $$Q=\frac{2}{3}\,m\;b\,.\,a\,.\sqrt{2g\,.\,a}$$

b) *Triangolo* con un lato orizzontale e il vertice opposto collocato superiormente

$$(12)\quad Q = \frac{2}{3} m\, c\, .\sqrt{2g}\left\{(h+a)^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{5}\,.\,\frac{(h+a)^{\frac{5}{2}} - h^{\frac{5}{2}}}{a}\right\}$$

e per $h = o$

$$(13)\quad Q = \frac{2}{5} m\, a\, c\, .\sqrt{2g\,.\,a}$$

c) Triangolo con un lato orizzontale e il vertice opposto collocato inferiormente

$$(14)\quad Q = \frac{4}{15}\,.\,m\,.\,\frac{b}{a}\sqrt{2g}\left\{(h+a)^{\frac{5}{2}} - h^{\frac{5}{2}} - \frac{5}{2}\,a\,.\,h^{\frac{3}{2}}\right\}$$

e per $h = o$

$$(15)\quad Q = \frac{4}{15} m\, b\, a\, .\sqrt{2g\,.\,a}$$

72. Applicando la stressa fomola al caso di luce circolare interamente sommersa, detto r il raggio della luce ed h la distanza del suo centro dal piano di livello, sarà

$$(16)\quad Q = m\,.\,\pi\, r^2 \sqrt{2g\,.\,h\,.}\left\{1 - \frac{1}{32}\,.\,\frac{r^2}{h^2} - \frac{5}{1024}\,.\,\frac{r^4}{h^4} - \frac{105}{65536}\,.\,\frac{r^6}{h^6} - \text{ecc.}\right\}$$

Nel caso di luce semi-circolare col centro a livello, sarà assai prossimamente.

$$(17)\quad Q = 1{,}689\,.\,m\,.\,r^2\sqrt{2g\,.\,r}$$

Capo VI. — Sperienze sugli efflussi.

73. Dall'epoca di Toricelli in avanti molti e distinti osservatori fecero scopo delle loro esperienze i fenomeni che presentano i liquidi, principalmente nel loro fluire dai fori aperti nelle pareti dei recipienti. Queste esperienze possono partirsi in due classi distinte: le une hanno in mira di verificare alcuni punti teorici, come per esempio il teorema di Toricelli: le altre tendono precipuamente a rintracciare delle norme sicure per valutaro la quantità di acqua che esce da un foro, almeno nelle circostanze che tornano più frequenti

nella pratica. In fondo queste seconde includono ancho le prime, in quando che basandosi il calcolo delle portate sopra alcuni dati teorici, nel valutar quelle si viene a confermar anche questi. E per questa ragione, e perchè è principalmento nostro scopo di rintracciaro le regole pratiche le più sicure pel calcolo delle vere quantità di acqua che escono dagli orificj, così noi ci fermeremo sopra questo ultime soltanto, procacciando di classificare opportunamente quei dati che più riescono utili nel pratico esercizio.

74. Considerando attentamente la dimostraziono che noi abbiamo data al Capo IV del teorema di Toricelli, in base al qualo sono calcolate le formole del precedente capitolo, si scorgerà includersi in esso implicitamente la condizione che per entro alla massa fluida, dalla suprema superficie fino al punto in cui l'acqua fluente si stacca e cessa con ciò di far parte della massa contenuta nel vaso, non avvengano urti fra le varie parti del liquido, perchè se questo avenisse converebbe tener conto della forza viva che andrebbe in essi perduta, locchè non si è fatto da noi, supponondo appunto cha tali urti o non esistano, o, se vi sono, che la perdita che ha luogo per loro cagione sia così piccola da potersi trascurare. Questo avrà effettivamente luogo tutte le volte che nel recipiente non vi sieno grandi e rapidi mutamenti di sezione, essendo altrimenti impossibilo evitar l'urto tutte le volte che l'acqua dotata di grande velocità venga o preceduta o seguita da altra dotata di velocità incomparabilmente minore. L'effetto di questi urti si scorge allora facilmente nei movimenti rapidi e discordanti che hanno luogo nell'interno della massa fluente.

Questo caso si presenterebbe allora che la parete in cui il foro è scolpito fosse così grossa che la vena fluente avesse campo di tornare ad attaccarsi alle pareti interne dell'apertura di efflusso, imperocchè converrebbe allora considerare l'imbuto presentato dalla parete come continuazioue del recipiente, e mettere in conto, per quanto lo si potesse, le conseguenzo della variaziono delle velocità nelle sezioni interne.

Le formole del precedente capo amettendo la sussistenza del teorema di Toricelli, suppongono dunque e il vaso abbastanza regolare, e la lastra in cui il foro è scolpito sottile, cioè di una grossezza tale che la vena fluente riesca interamente staccata dalla superficie interna della luce, locchè si avrà pressochè sempre qualora una tale grossezza sia minore della metà della minima dimensione del foro.

Egli è sopra questo caso che noi fermeremo qui in primo luogo la nostra attenzione.

75. Esaminando le formole del capo precedente, si scorgerà potersi tutto mettere sotto la forma

$$Q = m \, . \, A$$

dove A rappresenta una funzione delle quantità determinanti la forma, le dimensioni e la collocazione del foro rapporto fal piano di livello, ed m il rapporto esistente fra l'area del oro e quella della sezione contratta, e che per ciò è comunemente detto *coefficiente di contrazione*, ma che noi amiamo piuttosto dire *coefficiente di riduzione*, per indicare meglio col suo nome l'ufficio che presta, che, come vedremo, non e sempre quello solo di dare il rapporto esistente fra le due aree suddette.

Delle due quantità Q ed A la seconda può in ogni caso particolare facilmente calcolarsi in numeri ogni qualvolta sieno dati i valori delle quantità che entrano a comporla, e la prima, cioè la portata Q, può aversi direttamente ricevendo l'acqua, che esce in un dato tempo dal foro, in vasi di nota capacità, e dividendo la quantità totale di liquido erogato pel numero dei secondi che ha durato l'efflusso.

Assoggettando quindi alla prova varii orificii si potrà avere in ogni caso il valore del coefficiente m dalla

$$m = \frac{Q}{A}$$

e riconoscere a quali variazioni il coefficiente stesso vada soggetto al variare delle circostanze.

76. Di questo modo operando molti e diligenti osservatori si accinsero alla determinazione del coefficiente di riduzione così per orifici di piccole dimensioni, come per luci amplissime, e con ogni possibile variazione nel carico dell'acqua sovraincombente al foro. Di queste esperienze nessuna raggiunge, e per grandezza delle luci, e per le cure poste nella loro condotta, quelle istituite dai signori *Poncelet* e *Lesbros* alla scuola d'applicazione di *Metz* negli anni 1827 e 1828, e continuate poi dall'ultimo nei successivi, e da lui pubblicate nel 1852, ed è di queste esperienze che noi faremo principalmente profitto, senza però trascurare quelle di altri celebri esperimentatori che andremo mano a mano citando, quando ci torni il bisogno di usarne.

77. Ai §§ 66 e 67 abbiamo rimarcato che tutte le volte che la luce sia interamente sommersa, può usarsi della formola

$$Q = m\, S . \sqrt{2g . h}$$

dove h rappresenta la distanza del centro di gravità del foro dal piano di livello, ed S l'area del foro medesimo.

È costume generale della pratica di preferire questa formola come meno complicata, e basandosi sopra una regola pratica dovuta ad Hacette secondo la quale la forma della luce, purchè non vi sieno angoli rientranti, non ha alcuna influenza sul valore del coefficiente m di riduzione. Siccome io crederei di doversi fidare a questa regola pratica il meno che si può così oltre riportare i coefficienti relativi alla formola generale precedente, io credo opportuno di riportare anche i coefficienti delle formole speciali date al Capo precedente, tutte le volte che ci è dato raccogliergli dalle fatte esperienze, e ciò allo scopo che dovendosi adoperare le formole speciali là riportate si possa usare di questi coefficienti, essendo credibile che essi debbano avvicinarsi al fatto più di quello che il facciano gli altri, almeno allora che le dimensioni della luce sieno piuttosto ampie.

78. Da tutte le esperienze istituite fin qui risulta il fatto che le formole teoriche date superiormente non somministrano effettivamente la portata delle luci se non dentro certi limiti, ed anche attribuendo in ogni caso gli opportuni valori al coefficiente m, il quale varia al variare delle circostanze sotto alla cui influenza succede l'efflusso. Il tentativo fatto da Lesbros, da Lowel e da altri di sostituire a queste altre formole non condusse che a formole più complicate, senza un reale vantaggio per la pratica, ed io reputo quindi più opportuno di appigliarmi alle formole precedenti, come più semplici, e di ricercare, come è l'uso, di assegnare in ogni caso l'opportuno valore di m, consegnando questi valori in tavole a facilitarne la ricerca. Solo porrò qui un'avvertenza, cioè, che ogni qualvolta si possa si cerchi di discostarsi nel caso pratico dal caso dell'esperienza il meno che si può, potendosi ragionevolmente dubitare che, specialmente in certi casi, le regole pratiche non sussistano che entro certi limiti, forse anche molto ristretti.

Ciò premesso daremo nei seguenti capi le regole, che risultano dalle dette esperienze, pel calcolo delle portate nei varj casi che più frequentemente si incontrano nella pratica.

Capo VII. — Calcolo della portata per orificio interamente sommerso, nel caso di lastra sottile e contrazione completa

79. Le numerose esperienze istituite all'uopo di assegnare il valore del coefficiente m, allorchè il foro è aperto in lastra sottile, interamente sommerso, e così lontano dal fondo e dalle pareti laterali del recipiente che la contrazione riesca completa, condussero alla conseguenza che il detto coefficiente non è assolutamente costante, ma che varia invece al variare delle dimensioni del foro, e del carico d'acqua incombente sul foro stesso: però le dette variazioni sono generalmente piccole, cosicchè quando non si esiga nel calcolo della portata una grandissima precisione si può, senza tema di grosso errore, prendere

$$m = 0,615$$

ed usare della formola

$$Q = 0,615 . S . \sqrt{2g . h}$$

qualunque sia la forma della luce, purchè non vi sieno angoli rientranti, e prendendo per h la distanza del centro di gravità della luce stessa dal piano di livello.

Se però la stima deve esser fatta con molta precisione, allora è mestieri usare particolari avvertenze e nella misura di h e nella scelta del coefficiente m; avvertenze che qui ci faremo ad esporre con tutto quel dettaglio che può essere sufficiente nella pratica.

80. E in primo luogo, per quanto spetta alla misura di h, osserveremo che nel caso in cui il foro sia aperto lateralmente, e sia piuttosto grande o molto vicino alla suprema superficie, questa presenta allora verso il foro una inflessione, generalmente piccola, e dovuta a ciò che l'acqua, sollecitata unicamente dalla gravità, come tutti i corpi pesanti, per acquistar moto deve discendere. La distanza dalla parete a cui comincia la detta inflessione è pure generalmente piccola, però tanto l'inflessione quanto la sua ampiezza crescono col-

l'impiccolire dell'altezza assoluta del fluido sul vertice dell'orificio, al crescere dell'orificio, e finalmente al crescere del rapporto esistente fra l'area dell'orificio e la seziono del vaso. Nelle esperienze di Poncelet e Lesbros l'ampiezza dell'inflessione arrivò appena a quattro centimetri per orificj di venti centimetri di lato, essendo di metri 3 $\frac{1}{2}$ la larghezza del recipiente.

La vera altezza h dell'acqua sul centro del foro dovrà dunque misurarsi al di là di questa inflessione, dove essa è appunto sensibilmente stagnante; pel chè basterà, generalmente, di misurarla pochi centimetri superiormente alla parete; solo nel caso in cui le dimensioni del foro sieno comparabili con quelle del bacino occorrerà di rilevare le altezze di livello a varie distanze, fino a che si trova quel punto in cui l'acqua può riputarsi veramente stagnante.

81. Non sempre però la pratica misura h nel modo ora indicato; essa si accontenta generalmente di misurarla direttamente sopra del foro; ma siccome in grande prossimità del foro la depressione della superficie liquida varia notabilmente, e per l'azione capillare, e pel rigurgito che si forma immediatamente contro la parete, così, operando di questo modo, non si è mai certi di avere ottenuto il vero valore, specialmente allora che l'altezza dell'acqua sopra il vertice del foro è assai piccola.

Per maggiore comodità degli usi pratici, io riputai conveniente di riportare qui anche i coefficienti di riduzione della portata nel caso in cui il carico h si misuri nel modo ora indicato, essendo per sè evidente che questi saranno alcun poco differenti dai primi, ed anche meno costanti.

82. Riporto i risultamenti ottenuti nelle esperienze eseguite a Metz dai signori Poncelet e Lesbros, come quelli che più degli altri riescono applicabili ai casi pratici, e che godono presso gli idraulici della maggiore fiducia.

Ho divisa la favola generale data dai precedenti autori in tre, e questo solo per comodità di distribuzione: nella prima si troveranno i coefficienti che si devono usare per la formola generale che spetta a qualunque forma di luce purchè non dotata di angoli rientranti; la seconda somministra i coefficienti relativi a luce rettangolare, e tutte e due queste pel caso in cui l'altezza del liquido sul foro si misuri in punto ove il liquido sia stagnante; nella terza sono i coefficienti relativi alla formola generale quando si misuri il livello immediatamente al di sopra del foro. Finalmente

in una quarta tavola ho riuniti i coefficienti più accreditati pel caso di luce circolare.

La semplice ispeziono delle tavole è sufficiente a mostrarne l' uso; basterà solo avvertire che se l'altezza del foro è maggiore di 20 centimetri sarà sufficiente di prendere i coefficienti relativi a questa altezza; e che se il carico sia maggiore di 2 metri si prendano i coefficiénti che corrispondono a quest' ultimo caso, avendo l' esperienza dimostrato che i coefficienti stessi non variano sensibilmente al di là dei predetti limiti.

Le esperienze dalle quali si è dedotta la tavola *A* furono eseguite veramente sopra luci rettangolari, ma possono usarsi eziandio per altre luci qualora i carichi sui centri rispettivi eguaglino quelli corrispondenti alle luci quivi notate, cioè al battente aumentato dalla metà dell'altezza della luce.

TAVOLA A

Valori di m per la formola

$$Q = m\,S\,\sqrt{2g\,.\,h}$$

l'altezza dell'acqua essendo misurata in punto in cui il liquido è stagnante

Altezza sul bordo superiore del foro	Altezza dell' orificio					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01			0,607	0,634	0,660	0,702
0,02	0,572	0,596	0,616	0,639	0,660	0,695
0,03	0,578	0,600	0,620	0,641	0,659	0,689
0,04	0,582	0,603	0,623	0,640	0,659	0,684
0,05	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,680
0,06	0,587	0,607	0,626	0,639	0,657	0,677
0,07	0,588	0,609	0,627	0,638	0,657	0,674
0,08	0,589	0,610	0,628	0,638	0,656	0,671
0,09	0,591	0,610	0,629	0,637	0,655	0.669
0,10	0,592	0,611	0,630	0,637	0,655	0,667
0,12	0,593	0,612	0,631	0,636	0,654	0,665
0,14	0,595	0,613	0,631	0,635	0,653	0,661
0,16	0,596	0,614	0,631	0,635	0,652	0,659
0,18	0,597	0,615	0,631	0,634	0,651	0,657
0,20	0,598	0,615	0,631	0,634	0,649	0,655
0,25	0,599	0,616	0,630	0,633	0,647	0,652
0,30	0,600	0,616	0,630	0,632	0,645	0,650
0,40	0,602	0,617	0,629	0,631	0,642	0,646
0,50	0,603	0,617	0,628	0,631	0,640	0,643
0,60	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,641
0,70	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,638
0,80	0,605	0,616	0,626	0,628	0,635	0,635
0,90	0,605	0,615	0,625	0,627	0,634	0,632
1,00	0,605	0,615	0,625	0,627	0,632	0,629
1,10	0,604	0,614	0,624	0,626	0,629	0,626
1,20	0,604	0,614	0,623	0,625	0,627	0,623
1,30	0.603	0,613	0,622	0,623	0,625	0,621
1,40	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	0,619
1,50	0,602	0,611	0,619	0,621	0,620	0,617
1,60	0,602	0,611	0,618	0,619	0,618	0,616
1,70	0,602	0,610	0,616	0,617	0,617	0,615
1,80	0,601	0,609	0,615	0,616	0,615	0,614
1,90	0,601	0,608	0,614	0,614	0,614	0,613
2,00	0,601	0,607	0,613	0,613	0,613	0,613
3,00	0,601	0,603	0,606	0,607	0,608	0,609

TAVOLA B

valori di m per la formola

$$Q = \frac{2}{3} m S \sqrt{2g} \left\{ (h+a)^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right\}$$

l'altezza dell'acqua sul foro essendo misurata in un punto ove il liquido è stagnante

Altezza sul bordo superiore del foro	Altezza dell'orificio					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0.01
0,01			0,622	0,644	0,667	0,705
0,02	0,592	0,611	0,625	0,644	0,663	0,696
0,03	0,594	0,612	0,626	0,643	0,661	0,690
0,04	0,596	0,612	0,627	0,642	0,660	0,685
0,05	0,597	0,613	0,628	0,642	0,659	0,680
0,06	0,598	0,613	0,629	0,640	0,658	0,677
0,07	0,598	0,614	0,630	0,639	0,658	0,674
0,08	0,599	0,614	0,630	0,639	0,656	0,671
0,09	0,599	0,614	0,631	0,638	0,655	0,669
0,10	0,599	0,615	0,631	0,638	0,655	0,667
0,12	0,600	0,615	0,631	0,637	0,654	0,665
0,14	0,600	0.616	0,631	0,635	0,653	0,661
0,16	0,596	0,614	0,631	0,635	0,652	0,659
0,18	0,597	0,615	0,631	0,634	0,651	0,657
0,20	0,598	0,615	0,631	0,634	0,649	0,655
0,25	0,599	0,616	0,630	0,633	0,647	0,652
0,30	0,600	0,616	0,630	0,632	0,645	0,650
0,40	0,602	0,617	0,629	0,631	0,642	0,646
0,50	0,603	0,617	0,628	0,631	0,640	0,643
0,60	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,641
0,70	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,638

I coefficienti che seguono sono eguali a quelli della tavola precedente.

TAVOLA C

valori del coefficiente m per la formola

$$Q = m\, S \sqrt{2 g h}$$

l'altezza dell'acqua essendo misurata immediatamente sopra del foro

Altezza sopra il labbro superiore del foro	Altezza dell'orificio					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01		0,625	0,641	0,683	0,716	0,764
0,02	0,594	0,618	0,638	0,665	0,690	0,719
0,03	0,593	0,615	0,637	0,659	0,678	0,705
0,04	0,593	0,614	0,636	0,654	0,672	0,695
0,05	0,593	0,613	0,636	0,650	0,668	0,689
0,06	0,594	0,612	0,635	0,647	0,664	0,683
0,07	0,594	0,613	0,635	0,645	0,663	0,678
0,08	0,594	0,614	0,634	0,643	0,660	0,674
0,09	0,594	0,614	0,634	0,642	0,659	0,671
0,10	0,595	0,614	0,634	0,641	0,658	0,669
0,12	0,596	0,614	0,634	0,639	0,656	0,665
0,14	0,597	0,615	0,633	0,637	0,654	0,662
0,16	0,598	0,615	0,632	0,636	0,653	0,660
0,18	0,598	0,616	0,631	0,635	0,651	0,658
0,20	0,599	0,616	0,631	0,634	0,650	0,656
0,25	0,600	0,617	0,630	0,633	0,647	0,652
0,30	0,601	0,617	0,630	0,632	0,645	0,650
0,40	0,602	0,617	0,629	0,631	0,642	0,646
0,50	0,603	0,617	0,628	0,631	0,640	0,643
0,60	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,641
0,70	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,638
0,80	0,605	0,616	0,626	0,628	0,635	0,635
0,90	0,605	0,615	0,625	0,627	0,634	0,632
1,00	0,605	0,615	0,625	0,627	0,632	0,629
1,10	0,604	0,614	0,624	0,626	0,629	0,626
1,20	0,604	0,614	0,623	0,625	0,627	0,623
1,30	0,603	0,613	0,622	0,623	0,625	0,621
1,40	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	0,619
1,50	0,602	0,611	0,619	0,621	0,620	0,617
1,60	0,602	0,611	0,618	0,619	0,618	0,616
1,80	0,601	0,609	0,615	0,616	0,615	0,614
2,00	0,601	0,607	0,613	0,613	0,613	0,613
3,00	0,601	0,603	0,606	0,607	0,608	0,609

TAVOLA D

valori del coefficiente m per luci circolari

$$Q = m \cdot \pi\, r^2 \cdot \sqrt{2g \cdot h}$$

valutando l'altezza h sul centro del foro in punto ove il liquido è stagnante.

OSSERVATORE	Raggio del cerchio	Carico sopra il centro	Valore di m
Mariotte	0,0034	1,790	0,692
»	0,0034	7,900	0,692
Castel	0,005	0,050	0,673
»	0,005	0,310	0,654
Bossut	0,007	1,299	0,616
»	0,007	2,923	0,612
»	0,007	3,812	0,611
Castel	0,0075	0,138	0,632
»	0,0075	0,300	0,617
Eytelwein	0,013	0,723	0,618
Michelotti figlio	0,013	2,199	0,617
Michelotti padre	0,013	3,816	0,620
Castel	0,015	0,168	0,629
Michelotti figlio	0,023	2,197	0,607
Michelotti padre	0,023	3,808	0,609
»	0,023	7,116	0,609
»	0,040	2,176	0,614
»	0,040	3,802	0,613
»	0,040	7,021	0,615
Michelotti figlio	0,081	2,201	0,620
»	0,081	3,660	0,619

TAVOLA E

Coefficienti di riduzione delle formole

$$\text{(D)}\ Q = m\,S\sqrt{2gH},\ \text{e (D)'}\ Q = \frac{2}{3} m\,L\sqrt{2g}\left\{(h+a)^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}}\right\}$$

pei grandi fori rettangolari misurando il battente ove il liquido è stagnante

Carico sopra il lembo superiore dell'orificio	Coefficiente della formola (D)					Coefficiente della formola (D')				
	larghezza 0,60	larghezza 0,02				larghezza 0,60	larghezza 0,02			
	altezza 0,02	altezza 0,60	altezza 0,20	altezza 0,05	altezza 0,02	altezza 0,02	altezza 0,60	altezza 0,20	altezza 0,05	altezza 0,02
0,01	0,014			0,653	0,660	0,651			0,667	0,667
0,02	0,643	0,608	0,638	0,652	0,058	0,016	0,633	0,661	0,661	0,662
0,03	0,642	0,611	0,640	0,651	0,057	0,611	0,638	0,059	0,060	0,660
0,04	0,042	0,014	0,041	0,651	0,656	0,013	0,638	0,658	0,659	0,659
0,05	0,641	0,610	0,643	0,651	0,056	0,012	0,638	0,657	0,657	0,058
0.00	0,641	0,617	0,044	0,651	0,655	0.642	0,638	0,056	0,656	0,657
0,07	0,640	0,619	0,045	0,651	0,055	0,041	0,637	0,056	0,656	0,057
0,08	0,640	0,620	0,645	0,651	0,655	0,640	0,637	0,055	0,655	0,656
0,10	0,639	0,622	0,645	0,650	0,653	0,639	0,637	0,052	0,653	0,653
0 15	0,637	0,625	0,646	0,649	0,651	0,637	0,636	0,650	0,649	0,651
0,20	0,635	0,627	0,644	0,047	0,648	0,635	0,636	0,047	0,047	0,048
0.25	0,634	0,628	0,642	0,045	0,645	0,634	0,635	0,044	0,045	0,046
0,30	0,633	0,629	0,041	0,643	0,044	0,633	0,635	0,643	0,643	0,644
0,40	0.631	0,629	0,639	0,639	0,640	0,631	0,634	0,640	0,639	0,640
0.50	0,630	0,629	0,638	0,638	0,639	0.030	0,633	0.038	0,038	0,639
0,75	0,628	0,628	0,634	0,635	0,634	0,028	0,030	0,034	0,635	0,634
1,00	0,626	0,627	0,632	0.632	0,632	0,626	0,628	0,632	0,632	0,032
2,00	0,620	0,621	0,618	0,613	0,613	0,020	0,621	0,613	0,613	0,613

Capo VIII. — Calcolo della portata per orificio interamente sommerso, aperto in lastra sottile ma a contrazione incompleta

83. La contrazione può essere incompleta

(a) per essere una parte del contorno del foro, non però tutto il contorno, in continuazione delle interne pareti del recipiente, nel qual caso si dice che la contrazione è *soppressa in parte*

(b) per essere uno o più dei lati del foro in tale vicinanza alle pareti del recipiente che, riescendo dalle stesse impedito al gorgo di prendere tutto il suo sviluppo, le fluide stille che rasentano le pareti stesse si piegano meno nel loro corso ed è minore perciò il restringimento esterno provato dalla vena fluente

(c) per essere la parete nella quale è aperto il foro una parete curva, la quale, determinando particolare movimento nelle fluide stillo che la rasentano, altera la forma del gorgo, e con essa la sezione della vena contratta.

84. Il primo caso, che si presenta con qualche frequenza nella pratica, era già stato studiato dal Bidone, ed egli avea introdotto una regola, detta appunto la regola di Bidone, per trovare in ogni caso il coefficiente della corrispondente portata. Una tal regola però fu trovata troppo lontana dal vero per poter ancora essere usata nella pratica, ed ora quanto vi ha di meglio in proposito si ha dalle esperienze del Lesbros, il quale, considerato il caso di luce rettangolare, discusse i casi seguenti:

1.° Contrazione soppressa sul fondo;

2.° Contrazione soppressa sopra uno dei lati verticali;

3.° Contrazione soppressa sul fondo e sopra uno dei lati verticali;

4.° Contrazione soppressa sopra i due lati verticali;

5.° Contrazione soppressa nel fondo e sopra i due lati verticali.

Da queste esperionze si traggono le tavole seguenti che io compendio qui, traendole dalle tavole del Lesbros, per gli usi pratici. Chi amasse vedere le tavole in tutta la loro estensione dovrà ricorrere alla Memoria originale dello stesso Lesbros che fa parte del volume 13 delle *Mémoires présentés par divers savants a l'académie des sciences de l'institut National de France.*

85. Debbo però avvertire che assolutamente parlando la contrazione sopra gli spigoli verticali non si potrebbe propriamente dire soppressa, perchè gli spigoli stessi distavano $0,^{m}02$ dalla parete corrispondente; e ciò fu fatto per uniformarsi il più possibilmente ai casi della pratica, la quale accostuma di lasciare appunto un tale intervallo per sostenere, come si dice, la vera fluente. Però pei due casi 4° e 5° si sono fatte anche alcune esperienze di contrazione assolutamente soppressa, e si ebbero i risultamenti che pongo nella tavola corrispondente.

In ogni caso io suppongo che si usi della formola

$$Q = m\,S\sqrt{2g\,h}$$

e che si misuri il livello immediatamente al di sopra dell'orificio. Il carico h eguaglia l'altezza sopra il bordo superiore del foro aumentata della metà dell'altezza dell'orificio.

CASO I.°

Contrazione soppressa sul fondo del foro

Altezza sul bordo superiore del foro	Altezza dell'orificio					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01	0,627	0,671	0,729	0,782	0,787	0,824
0,02	0,621	0,653	0,700	0,717	0,728	0,773
0,03	0,618	0,649	0,689	0,706	0,718	0,758
0,04	0,617	0,647	0,683	0,700	0,713	0,749
0,05	0,616	0,646	0,679	0,697	0,710	0,742
0,06	0,616	0,646	0,677	0,694	0,708	0,736
0,07	0,616	0,646	0,675	0,692	0,706	0,732
0,08	0,617	0,647	0,674	0,690	0,704	0,729
0,09	0,617	0,647	0,674	0,689	0,703	0,726
0,10	0,618	0,648	0,673	0,688	0,702	0,724
0,12	0,619	0,648	0,673	0,686	0,701	0,720
0,14	0,620	0,649	0,672	0,684	0,700	0,718
0,16	0,621	0,649	0,672	0,683	0,699	0,716
0,18	0,622	0,649	0,672	0,682	0,698	0,714
0,20	0,622	0,649	0,672	0,682	0,698	0,713
0,25	0,623	0,649	0,671	0,681	0,697	0,711
0,30	0,623	0,649	0,670	0,681	0,697	0,709
0,40	0,623	0,648	0,669	0,681	0,696	0,706
0,50	0,624	0,648	0,669	0,680	0,696	0,705
0,60	0,624	0,648	0,668	0,679	0,695	0,703
0,70	0,624	0,648	0,668	0,678	0,694	0,702
0.80	0,624	0,648	0,667	0,677	0,694	0,701
0,90	0,624	0,647	0,667	0,676	0,693	0,701
1,00	0,624	0,647	0,667	0,675	0,692	0,701
1,10	0,621	0,647	0,667	0,675	0,691	0,700
1,20	0,625	0,646	0,666	0,675	0,689	0,700
1,30	0,625	0,645	0,666	0,675	0,688	0,699
1,40	0,625	0,641	0,666	0,675	0,687	0,699
1,50	0,624	0,644	0,665	0,675	0,686	0,698
1,60	0,623	0,643	0,665	0,675	0,686	0,697
1,70	0,621	0,643	0,665	0,675	0,685	0,695
1,80	0,620	0,642	0,664	0,675	0,684	0,694
1,90	0,619	0,641	0,664	0,675	0,684	0,693
2,00	0,619	0,641	0,664	0,675	0,683	0,693
3,00	0,615	0,636	0,662	0,672	0,679	0,688

CASO II.°

Contrazione soppressa sopra uno dei due lati verticali

Altezza sopra il bordo superiore del foro	Altezza dell'orificio		
	0,20	0,05	0,01
0,01	0,617	0,658	0,718
0,02	0,608	0,651	0,705
0,03	0,603	0,648	0,697
0,04	0,601	0,645	0,691
0,05	0,600	9,643	0,687
0,06	0,600	0,642	0,683
0,07	0,600	0,641	0,680
0,08	0,600	0,640	0,677
0,09	0,600	0,639	0,675
0,10	0,601	0,638	0,673
0,12	0,602	0,637	0,670
0,14	0,602	0,636	0,667
0,16	0,603	0,636	0,665
0,18	0,604	0,635	0,663
0,20	0,605	0,634	0,661
0,25	0,607	0,634	0,658
0,30	0,608	0,633	0,655
0,40	0,609	0,633	0,652
0,50	0,610	0,633	0,649
0,60	0,610	0,632	0,645
0,70	0,610	0,632	0,642
0,80	0,611	0,631	0,638
0,90	0,611	0,629	0,634
1,00	0,611	0,628	0,631
1,10	0,611	0,626	0,629
1,20	0,610	0,625	0,627
1,30	0,610	0,624	0,626
1,40	0,610	0,622	0,624
1,50	0,610	0,621	0,623
1,60	0,610	0,620	0,622
1,70	0,610	0,619	0,621
1,80	0,610	0,618	0,620
1,90	0,609	0,618	0,619
2,00	0,609	0,617	0,618
3,00	0,607	0,611	0,613

CASO III.°

Contrazione soppressa sul fondo e sopra uno dei lati verticali

Altezza sul bordo superiore del foro	Altezza dell'orificio					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01	0,700	0,701	0,762	0,793	0,787	0,806
0,02	0,683	0,678	0,717	0,723	0,737	0,764
0,03	0,666	0,671	0,698	0,708	0,724	0,750
0,04	0,655	0,667	0,690	0,701	0,718	0,741
0,05	0,648	0,665	0,986	0,697	0,714	0,735
0,06	0,643	0,664	0,684	0,695	0,711	0,731
0,07	0,641	0,663	0,682	0,693	0,708	0,727
0,08	0,639	0,662	0,681	9,691	0,706	0,725
0,09	0,638	0,662	0,680	0,690	0,704	0,723
0,10	0,637	0,661	0,680	0,689	0,702	0,721
0,12	0,637	0,661	0,679	0,688	0,700	0,718
0,14	0,637	0,660	0,678	0,687	0,698	0,716
0,16	0,637	0,660	0,678	0,686	0,696	0,714
0,18	0,637	0,660	0,677	0,686	0,695	0,712
0,19	0,637	0,660	0,677	0,685	.0,694	0,712
0,20	0,637	0,659	0,677	0,685	0;694	0,711
0,25	0,637	0,659	0,677	0,684	0,693	0,709
0,30	0,637	0,658	0,676	0,683	0,692	0,707
0,40	0,637	0,658	0,676	0,683	0,692	0,705
0,50	0,637	0,657	0,676	0,683	0,691	0,704
0,60	0,637	0,657	0,676	0,683	0,691	0,703
0,70	0,637	0,656	0,675	0,683	0,691	0,703
0,80	0,637	0,656	0,674	0,683	0,691	0,703
0,90	0,937	0,656	0,673	0,983	0,691	0,702
1,00	0,637	0,656	0,672	0‘683	0,691	0,702
1,10	0,637	0,655	0,672	0,682	0,691	0,700
1,20	0,637	0,655	0,671	0,681	0,691	0,700
1,30	0,637	0,655	0,671	0,681	0,690	0,699
1,40	0,637	0,655	0,671	0,680	0,690	0,698
1,50	0,637	0,654	0,671	0,679	0,689	0,697
1,60	0,637	0,654	0,971	0,679	0,688	0,696
1,70	0,637	0,654	0,670	0,678	0,687	0,696
1,80	0,637	0,653	0,670	0,677	0,687	0,695
1,90	0,636	0,653	0,670	0,677	0,686	0,695
2,00	0,636	0,652	0,670	0,676	0,685	0,694
3,00	0,633	0,648	0,670	0,674	0,681	0,690

CASO IV.°

Contrazione soppressa sopra i due lati verticali

Altezza sul bordo superiore del foro	Altezza dell'orificio					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01	0,673	0,678	0,688	0,717	0,729	0,781
0,02	0,657	0,663	0,676	0,695	0,711	0,757
0,03	0,648	0,657	0,669	0,686	0,703	0,745
0,04	0,643	0,654	0,665	0,681	0,697	0,736
0,05	0,641	0,652	0,662	0,677	0.694	0,729
0,06	0,640	0,651	0,661	0,674	0,691	0,724
0,07	0,639	0,650	0,659	0,672	0,688	0,720
0,08	0,639	0,649	0,658	0,670	0,686	0,716
0,09	0,639	0,648	0,657	0,669	0,683	0,713
0,10	0,639	0,647	0,655	0,668	0,682	0,710
0,12	0,639	0,645	0,654	0,665	0,678	0,704
0,14	0,640	0,644	0,652	0,664	0,676	0,700
0,16	0,640	0,643	0,650	0,662	0,673	0,695
0,18	0,640	0,642	0,649	0,660	0,671	0,692
0,20	0,640	0,641	0,648	0,659	0,669	0,689
0,25	0,639	0,643	0,645	0,656	0,665	0,685
0,30	0,637	0,637	0,643	0,653	0,661	0,679
0,40	0,635	0,635	0,640	0,650	0,657	0,674
0,50	0,633	0,633	0,638	0,648	0,655	0,670
0,60	0,632	0,632	0,637	0,646	0,653	0,668
0,70	0,631	0,632	0,636	0,644	0,652	0,666
0,80	0,631	0,631	0,636	0,642	0,652	0,665
0,90	0,630	0,631	0,635	0,641	0,651	0,664
1,00	0,630	0,631	0,635	0,640	0,650	0,663
1,10	0,630	0,630	0,635	0,639	0,649	0,661
1,20	0,629	0,630	0,635	0,638	0,648	0,660
1,30	0,629	0,630	0,635	0,637	0,647	0,659
1,40	0,629	0,630	0,635	0,637	0,646	0,658
1,50	0,628	0,630	0,635	0,636	0,645	0,657
1,60	0,628	0,630	0,634	0,635	0,644	0.655
1,70	0,627	0,630	0,634	0,635	0,643	0,654
1,80	0,627	0,630	0,634	0,634	0,642	0,653
1,90	0,627	0,630	0,634	0,634	0,641	0,652
2,00	0,626	0,629	0,634	0,633	0,640	0,651
3,00	0,623	0.625	0,631	0,630	0,634	0,647

CASO V.

Contrazione soppressa sul fondo e sopra i due lati verticali.

Altezza sul bordo superiore del foro	Altezza dell'orificio					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0.01
0,01	1,005	0,910	0,884	0,886	0,906	0,902
0,02	0,963	0,839	0,786	0,781	0,770	0,792
0,03	0,923	0,791	0,757	0,745	0,741	0,756
0,04	0,884	0,762	0,740	0,728	0,727	0,743
0,05	0,848	0,743	0,729	0,719	0,719	0,735
0,06	0,813	0,730	0,781	0,713	0,715	0,731
0,07	0,784	0,721	0,715	0,710	0,712	0,727
0,08	0,762	0,715	0,711	0,708	0,710	0,725
0,09	0,743	0,711	0,708	0,707	0,709	0,723
0,10	0,730	0,707	0,705	0,705	0,708	0,721
0,12	0,711	0,701	0,701	0,703	0,706	0,718
0,14	0,700	0,698	0,699	0,702	0,705	0,716
0,16	0,695	0,695	0,697	0,700	0,704	0,714
0,18	0,692	0,693	0,695	0,700	0,703	0,712
0,20	0,690	0,691	0,694	0,699	0,702	0,711
0,25	0,687	0,680	0,692	0,698	0,701	0,709
0,30	0,683	0,680	0,689	0,697	0,699	0,707
0,40	0,678	0,679	0,686	0,695	0,698	0,704
0,50	0,675	0,678	0,685	0,693	0,697	0,702
0,60	0,673	0,677	0,684	0,692	0,696	0,702
0,70	0,671	0,676	0,683	0,690	0,696	0,702
0,80	0,670	0,676	0,682	0,689	0,695	0,701
0,90	0,669	0,675	0,681	0,687	0,695	0,701
1,00	0,668	0,674	0,681	0,686	0,694	0,701
1,10	0,666	0,674	0,680	0,685	0,694	0,701
1,20	0,666	0,673	0,680	0,684	0,693	0,701
1,30	0,665	0,672	0,679	0,683	0,692	0,701
1,40	0,664	0,672	0,679	0,682	0,691	0,701
1,50	0,663	0,671	0,678	0,682	0,690	0,702
1,60	0,662	0,671	0,677	0,681	0,689	0,702
1,70	0,662	0,670	0,677	0,681	0,688	0,703
1,80	0,662	0,670	0,676	0,680	0,687	0,703
1,90	0,661	0,669	0,676	0,680	0,687	0,704
2,00	0,661	0,669	0,675	0,680	0,686	0,704
3,00	0,658	0,664	0,673	0,677	0,682	0,702

TAVOLA

dei valori di m quando i lati verticali del foro sono in continuazione delle pareti, senza alcun risalto, nei due casi 4.° e 5.°

Battente sul bordo superiore del foro	Caso quarto			Caso quinto	
	Altezza dell'orificio			Alt. dell'orificio	
	0,20	0,05	0,01	0,20	0,05
0,01	0,702	0,697	0,791	1,117	0,908
0,02	0,696	0,676	0,745	1,073	0,845
0,03	0,684	0,667	0,726	1,031	0,769
0,04	0,672	0,661	0,715	0,989	0,751
0,05	0,665	0,656	0,706	0,950	0,739
0,06	0,661	0,654	0,701	0,913	0,731
0,07	0,658	0,651	0,696	0,878	0,724
0,08	0,656	0,650	0,693	0,844	0,720
0,09	0,654	0,648	0,690	0,816	0,716
0,10	0,652	0,647	0,688	0,790	0,713
0,12	0,649	0,645	0,685	0,753	0,708
0,14	0,647	0,644	0,683	0,732	0,704
0,16	0,646	0,643	0,681	0,721	0,702
0,18	0,645	0,642	0,679	0,714	0,700
0,20	0,645	0,642	0,678	0,710	0,698
0,25	0,644	0,642	0,676	0,703	0,696
0,30	0,643	0,643	0,673	0,697	0,694
0,40	0,641	0,642	0,669	0,690	0,691
0,50	0,640	0,640	0,667	0,687	0,689
0,60	0,640	0,638	0,665	0,685	0,688
0,70	0,639	0,636	0,663	0,683	0,687
0,80	0,639	0,633	0,661	0,681	0,687
0,90	0,638	0,631	0,660	0,681	0,686
1,00	0,638	0,629	0,658	0,680	0,685
1,10	0,638	0,628	0,657	0,679	0,684
1,20	0,638	0,627	0,655	0,678	0,683
1,30	0,638	0,626	0,654	0,676	0,683
1,40	0,638	0,625	0,652	0,674	0,682
1,50	0.638	0,624	0,651	0,672	0,682
1,60	0,637	0,623	0,650	0,671	0,681
1,70	0,637	0,623	0,649	0,670	0,681
1,80	0,637	0,622	0,648	0,670	0,681
1,90	0,636	0,622	0,647	0,669	0,681
2,00	0,636	0,621	0,647	0,669	0,681
3,00	0,633	0,616	0,642	0,666	0,679

86. Le tavole precedenti si riportano al caso in cui il foro sia rettangolaro; per altre figure mancano assolutamente le osperienze, e solo alcune esperienze del Bidone possono dare norma pol caso dei fori circolari; riporto qui una tabella ricavata dalle esperienze stesse, avvertendo però esservi un forte salto fra la fiducia che meritano le tavole precedenti o quella che può meritare questa ultima.

Porzione della circonferenza su cui è soppressa la contrazione	Coefficiente	Rapporto fra il coefficiente di contrazione soppressa e quello di contrazione completa
0	0,597	1
0,125	0,603	1,011
0,250	0,615	1,032
0,375	0,625	1,048
0,500	0,639	1,072
0,625	0,649	1,087
0,750	0,664	1,112
0,855	0,670	1,123

87. Se la contrazione, invece di essere soppressa in parte sia invece incompleta sopra una porzione più o meno grande del perimetro del foro, se si presenta cioè il caso secondo del § 83, allora io non potrei suggerire alcuna norma, non conoscendo esperienze che possano guidare alla soluzione del problema, e parendo a me che per l'interpolazione suggerita da Lesbros manchino i dati sufficienti. Per me almeno sussiste dunque questa lacuna che io aveva già segnalizzata nella prima edizione di questo trattato (§ 77) e duole che in tanti esperimenti eseguiti non siasi pensato a riempierla.

88. Eguale lacuna si presenta pure pel caso di foro scolpito in una parete conformata in superficie curva; fortunatamente però questo caso non si presenta che eccezionalmente nella pratica, e questo giustifica la mancanza delle relative esperienze. Due casi però della pratica possono assimilarsi a

questo 1.° il caso in cui le pareti laterali del vaso convergano verso il foro quasi ad imbuto; e 2.° quando l'acqua fluisca da una luce il cui labbro superioro è lo spigolo di una saracinesca inclinata all'orizzonte; il caso si presenta frequentemente dirigendo la vena sulle palmette di una ruota idraulica.

89. Pel primo caso si hanno alcune esperienze del Lesbros, lo quali corrispondono ai due casi (*a*) di contrazione incomplota sui due lati verticali, essendo le pareti laterali inclinate ambedue al piano del foro di un angolo di 45°, ed essendo i lati del foro stesso discosti soltanto 0,02 dalla relativa parete: (*b*) di contrazione incompleta come precedentemente sopra i due lati verticali, e di più soppressa sopra il fondo del foro.

I coefficienti relativi ai due precedenti casi si avranno nella seguente tavola, tratta da quelle del sullodato autore.

La formula è sempre

$$Q = m\, S \sqrt{2g\, h}$$

h eguaglia il battente sul labbro superiore del foro aumentato della metà dell'altezza della luce, ed il carico è misurato immediatamente al di sopra del foro.

Battente sopra il labbro superiore del foro	Caso (*a*)			Caso (*b*)		
	Altezza dell'orificio			Altezza dell'orificio		
	0,20	0,05	0,01	0,20	0,05	0,01
0,01	0,608	0,653	0,726	0,686	0,772	0,847
0,02	0,602	0,645	0,707	0,668	0,729	0,778
0,03	0,600	0,641	0,697	0,656	0,710	0,752
0,04	0,599	0,639	0,691	0,649	0,700	0,738
0,05	0,599	0,637	0,685	0,646	0,695	0,731
0,06	0,599	0,636	0,681	0,644	0,692	0,726
0,07	0,600	0,635	0,678	0,643	0,689	0,722
0,08	0,600	0,634	0,675	0,643	0,687	0,719
0,09	0,601	0,634	0,673	0,643	0,686	0,717
0,10	0,601	0,633	0,671	0,643	0,685	0,715
0,12	0,603	0,632	0,668	0,644	0,683	0,712
0,14	0,604	0,632	0,666	0,645	0,682	0,710
0,16	0,605	0,632	0,664	0,645	0,681	0,708
0,18	0,606	0,631	0,662	0,646	0,680	0,707
0,20	0,607	0,631	0,661	0,647	0,679	0,706
0,25	0,608	0,631	0,659	0,648	0,677	0,704
0,30	0,609	0,630	0,656	0,648	0,675	0,702
0,40	0,610	0,630	0,653	0,647	0,673	0,700
0,50	0,611	0,630	0,651	0,646	0,672	0,698
0,60	0,611	0,630	0,649	0,646	0,671	0,697
0,70	0,611	0,629	0,647	0,645	0,671	0,697
0,80	0,611	0,629	0,644	0,644	0,671	0,697
0,90	0,611	0,628	0,642	0,644	0,670	0,696
1,00	0,611	0,627	0,639	0,643	0,670	0,696
1,10	0,611	0,626	0,636	0,643	0,670	0,696
1,20	0,611	0,624	0,634	0,643	0,670	0,696
1,30	0,611	0,623	0,631	0,642	0,670	0,696
1,40	0,611	0,622	0,629	0,642	0,670	0,696
1,50	0,611	0,620	0,626	0,642	0,670	0,695
1,60	0,611	0,619	0,624	0,641	0,670	0,695
1,70	0,611	0,619	0,623	0,641	0,670	0,694
1,80	0,610	0,618	0,621	0,641	0,670	0,694
1,90	0,610	0,617	0,620	0,640	0,669	0,693
2,00	0,610	0,616	0,619	0,640	0,669	0,693
3,00	0,608	0,610	0,611	0,637	0,669	0,689

90. Nei casi più comuni della pratica il secondo caso segnalizzato al § 88 si presenta così: il foro è rettangolare, tre dei suoi lati sono in continuazione delle sponde e del fondo del canale, ed il terzo è formato dello spigolo inferiore di una saracinesca o panconata il cui piano è inclinato all' orizzonte

o di $26^{\circ} \frac{1}{2}$ circa, cioè di due di base sopra uno d'altezza;

o di 45°, cioè di uno di base sopra uno di altezza.

Stimando l'area del foro sempre verticalmente, l'esperienza ha additato il coefficiente 0,74 nel primo caso, e il coefficiente 0,80 nel secondo.

Capo IX. — Dei tubi addizionali, o altrimenti dei fori scolpiti in parete grossa.

91. Alcune volte in pratica ad un orificio scolpito in lastra sottile si adattano dei piccoli tubi, la cui lunghezza non eccede le sette od otto volte al più la massima dimensione dell'orificio stesso, questi tubi portano il nome di *tubi addizionali.*

Un orificio scolpito in parete grossa equivale ad uno scolpito in parete sottile e munito di tubo addizionale; in tal caso lo spigolo interno del foro tien luogo della lastra sottile, e tutto il restante della parete forma il tubo addizionale applicato alla stessa.

È dunque un fatto medesimo quello della parete grossa e quello dei tubi addizionali. e quanto diremo di questi ultimi va identicamente applicato alla prima.

92. La vena fluente nel sortire dall'orificio si contrae, presentando nell'interno del tubo una contrazione simile a quella che ha luogo fluendo l'acqua liberamente; ma, se il tubo è di sufficiente lunghezza, o la divergenza di alcuni filetti liquidi, o l'attrazione delle pareti devia le molecole estreme dal loro cammino o le porta a contatto delle pareti medesime, queste trascinano i filetti vicini, e così di mano in mano tutta la vena, la quale per tal modo si attacca alle pareti interne del tubo, e l'efflusso succede a tubo pieno, ossia, come si dice, *a piena bocca.*

Assai probabilmente il fenomeno è dovuto all'attrazione molecolare delle pareti del tubo sulle molecole del liquido, avendo mostrato alcune esperienze di Hachette che il fenomeno non ha più luogo se il liquido non bagna il tubo, come per es. avviene quando il liquido sia mercurio e il tubo sia

in ferro od in vetro; oppure quando si rivestano di cera o si spalmino di grasso le pareti interne di un tubo da cui fluisca dall'acqua.

93. Se la velocità è piccola il fenomeno ha luogo anche se il tubo è molto corto, poco più della metà del diametro del foro; se la velocità invece è molto grande allora occorre lunghezza di tubo molto maggiore. Cessa il fenomeno del tutto quando la lunghezza del tubo è inferiore alla distanza a cui ha luogo la massima contraziono.

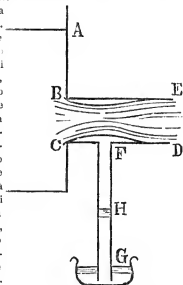
In tutto quanto sono ora per dire s'intenderà che il liquido fluisca a piena bocca, altrimenti il tubo è come non esistesse.

94. Evidentemente nel caso che ora consideriamo il tubo forma una continuazione del recipiente, e non si deve stimare che l'acqua fluente si stacchi dall'altra se non se esternamente al tubo e nel punto di massima contraziono esterna, quando questa abbia luogo, o altrimenti subito dopo la sezione di efflusso; ma sarà mestieri mettere in conto anche la perdita di forza viva che ha luogo nell'interno della massa contenuta nel recipiente per le variazioni rapide di velocità e pei conseguenti movimenti discordanti che hanno luogo nell'interno del tubo. Per questa ragione l'acqua fluente dal tubo stesso non avrà più la velocità data dal teorema di Toricelli che, come abbiamo veduto, suppone nulla la perdita di forza viva nella massa contenuta nell'interno del recipente, ma bensì una velocità minore. Sarebbe assai difficile tener conto delle cause accennate sopra per calcolare la corrispondente diminuzione della velocità, e sarà più prudente di consultare in tale proposito l'esperienza. Perciò detto n il coefficiente di riduzione della velocità, v la velocità dell'efflusso, ed h l'altezza dell'acqua sopra il centro della bocca esterna del tubo sarà

$$v = n \,.\, \sqrt{2g \,.\, h}$$

95. Nell'interno del tubo ha luogo una prima contrazione sugli spigoli interni del foro, supposto che il foro sia tagliato perpendicolarmente alla parete del recipiente senza alcuna sorta d'imbuto: questa contrazione è presso a poco quella stessa che si produce per efflusso in lastra sottile, e la velocità del liquido nel punto di massima contrazione interna è maggiore di quella che avrebbe luogo se non vi fosse il tubo e sensibilmente maggiore quindi di quella che verrebbe

data dal teorema di Toricelli. Ciò proviene da questo che fra la superficie della vena fluente pel tubo e le pareti del tubo, al punto di massima contraziono iuterna, resta uno spazio vuoto di liquido, e dove trovasi invece dell'aria la cui tensione è minore della pressione atmosferica; per la qual cosa essendo in quel punto contropremuta l'acqua con una forza minore di quella che opora sulla superficie libera del vaso rendesi attiva una parte di questa, e il carico di acqua riesce per ciò aumentato.

Provasi questo colla seguente esperienza. Al tubo orizzontale $BECD$ applicato al foro BC, nel punto F di massima contrazione, si adatti un cannello verticale FG, il quale si faccia pescare in un vaso G ripieno di mercurio. Dato esito all'acqua, e ridotto dopo breve tempo equabile il movimento, si vedrà che nel cannello FG si alza il liquido ad una altezza HG tale che, come vedremo in altro luogo, dimostra appunto di tanto essere minore dell' atmosferica la pressione in F di quanto è necessario perchè la velocità nella sezione contratta interna sia maggiore di quella dovuta al carico d'acqua sovraincombente, acciocchè, ridotta la sezione nella proporzione ordinaria, si mantenga la continuità della massa.

96. Oltrepassata la sezione contratta l'acqua perde della sua velocità, di modo che alla sezione di efflusso la sua velocità è sensibilmente minore di quella dovuta al carico effettivo; egli è appunto in questo passaggio che sta la causa di perdita di forza viva accennata al § 94.

Essendo u la velocità dell'acqua nella sezione contratta interna; u_1 la media velocità nella porzione del tubo che sta fra questa sezione e quella di efflusso; P il peso dell'acqua

che passa pel tubo in un tempo t, si potrebbe assumere una tal perdita come espressa da

$$\frac{1}{2}\frac{P}{g}(u-u_1)^2$$

o, rinnovando il ragionamento fatto ai §§ 60 e 61, si avrebbe

$$Ph=\frac{1}{2}\frac{P}{g}v^2+\frac{1}{2}\frac{P}{g}(u-u_1)^2$$

dove v rappresenta la velocità dell'efflusso.

Esprimendo u ed u_1 per v, e supponendo

$$u=Kv\,;\;u_1=K_1\,v$$

la precedente dà

$$v=\frac{1}{\sqrt{(1+(K-K_1)^2)}}\sqrt{2g\,.\,h}$$

da cui si avrebbe

$$\frac{1}{n^2}=1+(K-K_1)^2\,.$$

97. L'acqua, dopo essersi attaccata alle pareti interne del tubo, scorre lungo le stesse e giunta alla bocca di efflusso prosegue per qualche tratto nella direzione già presa, la quale, se è tale da imprimere alle stille fluenti una direzione convergente, ingenera una seconda contrazione esterna, per opera della quale riesce alterata la sezione di efflusso, e in ogni caso determina la vera area di efflusso che, moltiplicata per la velocità, somministra la portata del foro armato di tubo addizionale, oppure, locchè torna il medesimo, del foro aperto in parete grossa.

Includendo in un solo coefficiente e quello della velocità e quello della sezione, e detto quindi m il coefficiente della portata sarà

$$Q=m\,S\,.\sqrt{2g\,.\,h}$$

Importa conoscere n ed m i quali variano a seconda delle circostanze, come ora ci faremo ad esaminare con tutto quel dettaglio che possono esigere le pratiche applicazioni.

98. A tre possono principalmente ridursi le forme che si danno ai tubi addizionali.

(a) *Tubi addizionali cilindrici,* in questi tutte le sezioni praticate nel tubo perpendicolarmente all'asse del tubo stesso sono eguali fra loro. In questa classe si comprendono quindi anche i tubi addizionali prismatici.

(b) *Tubi addizionali conici convergenti;* in questi tutte le sezioni praticate perpendicolarmente all'asse del tubo sono simili e decrescono dall'interno all'esterno proporzionatamente ai quadrati delle loro distanze dal vertice. Comprendono anche i tubi piramidali convergenti all'esterno.

(c) *Tubi addizionali conici divergenti;* in questi invece le sezioni vanno crescendo dall'interno all'esterno.

99. In ogni caso l'imboccatura del tubo può presentare uno spigolo acuto, oppure essere tagliata in forma d'imbuto in modo da secondare più o meno l'andamento curvilineo delle molecole nel gorgo e nella susseguente vena contratta. Diremo *imboccatura semplice* la prima, *imboccatura ad imbuto* la seconda.

Può ancora il tubo essere diretto perpendicolarmente alla parete del recipiente, oppure formare colla parete stessa un'angolo. La diremo *retto* nel primo caso, *obliquo* nel secondo.

100. Nella figura di contro si sono delineate le tre specie di tubi ora accennati, e dalla stessa facilmente si scorge essere u_1 eguale a v nei tubi cilindrici, minore di v nei tubi conici convergenti, e maggiore invece nei divergenti; cioè essere $K_1 = 1$ nei tubi cilindrici; $K_1 < 1$ nei conici convergenti, e $K_1 > 1$ nei divergenti.

Così pure detto m il coefficiente di contrazione interna, che, come si è detto, è sensibilmente eguale al coefficiente di contrazione a efflusso libero, sarà $K = \frac{1}{m}$ nei tubi cilindrici; $K < \frac{1}{m}$ nei conici convergenti; e $K > \frac{1}{m}$ nei divergenti ossia sensibilmente

$K = 1{,}63$; $K < 1{,}63$; $K > 1{,}63$

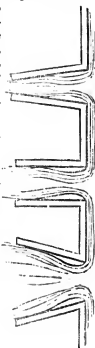
donde

$K - K_1 = 0{,}63$ nei tubi addizionali cilindrici

$K - K_1 < 0{,}63$ nei tubi conici convergenti

$K - K_1 > 0{,}63$ nei divergenti

discende essere prossimamente

$n = 0{,}846$ nei tubi cilindrici

$n > 0,840$ nei tubi conici convergenti

$n < 0,840$ nei divergenti.

Questi valori però non mostrano che una grossolana approssimazione, e solo l'esperienza può guidarci nella scelta dei veri coefficienti che devono usarsi nei casi pratici.

Capo X. — Continuano i tubi addizionali; coefficienti della portata e della velocità.

a) Tubi addizionali cilindrici.

101. Quando il tubo cilindrico sia ad imboccatura semplice, e diretto normalmente al piano della parete, le esperienze di Castel, di Eytelwein e di Michelotti danno in medio

$$m = n = 0,82$$

al quale valore conducono anche le ultime esperienze del Weisbach.

Dal confronto delle varie esperienze sembra potersi concludere

1.° che per lo stesso tubo il carico non ha sul coefficiente di riduzione alcuna influenza sensibile; nelle esperienze del Castel il coefficiente si conservò 0,829 per carichi variabili da 0,48 a 3,03; in quelle di Michelotti si ebbe il coefficiente 0,803 per carico di 3,80, e 0,803 pure per carico di 6,71.

2.° Sembra che il coefficiente della portata diminuisca alcun poco al crescere del diametro del tubo. Nelle esperienze di Castel con tubo di 0,0155 di diametro si ebbe in medio il coefficiente 0,829, e in quelle di Michelotti con diametro di 0,081 si ebbe invece il coefficiente 0.810.

102. Il Weisbach esperimentò anche il caso in cui l'imboccatura del tubo sia conformata ad imbuto mediante un semplice arrotondamento dello spigolo interno, ed ebbe per tal caso in medio.

$$m = n = 0,912$$

Che se l'imboccatura è conformata invece così da secondare il naturale andamento della vena fluente, allora, secondo Eytelwein si ha

$$m = n = 0,943$$

103. Finalmente nel caso in cui il tubo sia obbliquo alla parete il Weisbach ottenne

per una inclinazione di	20° gradi . .	$m = 0,782$
»	40° »	$m = 0,747$
»	60° »	$m = 0,719$

è bene inteso che in tal caso il carico si deve misurare dal centro della bocca esterna di efflusso al livello del liquido.

104. Siccome i carichi stanno fra loro come i quadrati delle velocità, così l'altezza teorica h_1 a cui si eleverebbe un getto verticale uscente da tubo cilindrico verticale con carico h non sarebbe che

$$h_1 = (0,82)^2 \cdot h = 0,67 \cdot h$$

b) Tubi addizionali conici convergenti.

105. Nei tubi addizionali convergenti si presentano due contrazioni, l'una interna che tende a diminuire la velocità, l'altra esterna che diminuisce la sezione di efflusso. Se diciamo quindi n il coefficiente di riduzione della velocità, ed n_1 quello della sezione di efflusso, conservando la m, ad indicare il coefficiente di riduzione della portata, sarà

$$Q = n_1 \ S \cdot n \ v = n \cdot n_1 \ S \cdot v$$

e quindi

$$m = n \ , \ n_1$$

Noti m ed n si avrà il coefficiente n_1 di esterna contrazione dividendo il primo pel secondo.

106. Per questi tubi si hanno numerosissime esperienze del Castel (*Annales des Mines* 1838), le quali sebbene sieno eseguite sopra diametri comparativamente piccoli, pure sono la norma la più sicura che abbia la pratica sia pel calcolo delle portate sia pel calcolo delle velocità pei tubi del genere di quelli che qui si considerano.

Tutti gli elementi che possono avere un'influenza sopra la portata e la velocità, e quindi sui rispettivi coefficienti di riduzione si riducono ai seguenti

107. 1.° Carico maggiore o minore sul centro del foro di efflusso.

La differente grandezza dei carichi non ha influenza alcuna sui coefficienti di riduzione, i quali pel medesimo tubo si mantengono invariabili. Questa costanza dei coefficienti ci avvisa che le portate e le velocità sono esattamente proporzionali alla radice del carico. Questa conseguenza risulta tosto dall'esame della tavola generale di tutte le esperienze, che presto riporteremo, e nella quale si sono notati i valori massimo, minimo e medio dei coefficienti per ciascun tubo; si vedrà infatti quanto poco questi valori differiscano fra loro ad onta che i carichi abbiano variato da 0,2 circa a 3,00.

108. 2.° Diametro dell'orificio e lunghezza del tubo.

L'influenza di questi elementi non è ancora sicuramente determinata. Osservando la tavola del seguente paragrafo e mettendo in confronto i dati che si riportano ad un medesimo angolo di convergenza si vedrà facilmente che il mag

giore diametro ha somministrato anche coefficienti olcun poco maggiori, o che mentre pei tubi del diametro di 0,0155 la diminuzione della lunghezza ha alcun poco aumentata la portata, per tubi invece del diametro di 0,02 quest'ultima crebbe al crescere della larghezza; le variazioni però e nell'un caso e nell'altro furono piccole, e fino a che non si avranno straordinarie lunghezze non si dovrà temere errore valutabile adottando i coefficienti di riduzione che si troveranno nella seguente tavola di faccia ai rispettivi angoli di convergenza.

109. 3.° Angolo di convergenza.

Allo scopo di constatare l'influenza di questo principalissimo elemento riporto qui per esteso una tavola ricavata dalle esperienze del Castel. Oltre il valor medio dei coefficienti ho posto eziandio il loro valore massimo e minimo, essendo sempre necessario di sapere fra' quali limiti sta compreso l'errore possibile.

Diametro del tubo	Lunghezza del tubo	Diametro di efflusso	Angolo di convergenza	Coefficiente della portata		Coefficiente della velocità	
				massimo e minimo	medio	massimo e minimo	medio
0,0155	0,040	0,01550	0° 0'	0,829 0,826	0,829	0,833 0,826	0,829
			1° 36'	0,867 0,864	0,866	0,869 0,862	0,867
			3° 10'	0,897 0,894	0,895	0,898 0,891	0,894
			4° 10'	0,914 0,910	0,912	0,914 0,908	0,910
			5° 26'	0,926 0,922	0,924	0,928 0,905	0,919
			7° 52'	0,932 0,928	0,930	0,936 0,927	0,932
			8° 58'	0,935 0,934	0,934	0,946 0,939	0,942
			10° 20'	0,939 0,937	0,938	0,953 0,948	0,951
			12° 4'	0,943 0,941	0,942	0.960 0,951	0,955
		0,01555	13° 24'	0,947 0,944	0,946	0,966 0,956	0,963
			14° 28'	0,942 0,940	0,941	0,970 0,965	0,966
		0,01550	16° 36'	0,939 0,937	0,938	0,974 0,967	0,971
		0,01545	19° 28'	0,926 0,923	0,924	0,973 0,968	0,970
		0,01550	21° 0'	0,920 0,917	0,919	0,978 0,965	0,972
		0,01553	23° 0'	0,914 0,913	0,914	0,980 0,971	0,974
		0,01550	29° 58'	0,896 0,895	0,895	0,981 0,971	0,975
		0,01560	40° 20'	0,870 0,868	0,870	0,986 0,976	0,980
			48° 50'	0,849 0,846	0,847	0,991 0,978	0,984
	0,035	0,01540	9° 14'	0,930 0,928	0,929	0,945 0,934	0,940
		0,01555	10° 28'	0,947 0,942	0,945	0,959 0,949	0,953

Diametro del tubo	Lunghezza del tubo	Diametro di efflusso	Angolo di convergenza	Coefficiente della portata		Coefficiente della velocità	
				massimo e minimo	medio	massimo e minimo	medio
0,0155	0,032	0,01550	12° 42'	0,952 0,950	0,951	0,966 0,957	0,961
		0,01553	16° 2'	0,942 0,939	0,940	0,973 0,959	0,967
		0,01550	19° 6'	0,927 0,925	0,926	0,981 0,969	0,974
	0,030	0,01530	15° 44'	0,943 0,940	0,941	0,971 0,960	0,968
	0,025	0,01530	19° 14'	0,931 0,930	0,931	0,970 0,965	0,968
0,020	0,050	0,02000	2° 50'	0,916 0,913	0,914	0,910 0,901	0,906
			5° 26'	0,931 0,929	0,930	0,929 0,925	0,927
		0,02005	6° 54'	0,939 0,937	0,938	0,942 0,934	0,938
		0,02000	10° 30'	0,946 0,944	0,945	0,957 0,951	0,953
			12° 10'	0,951 0,949	0,950	0,961 0,954	0,957
			13° 40'	0,957 0,955	0,956	0,968 0,959	0,964
		0,01995	15° 2'	0,950 0,948	0,949	0,973 0,961	0,967
		0,02000	18° 10'	0,940 0,939	0,939	0,973 0,968	0,971
		0,01995	23° 4'	0,931 0,929	0,930	0,975 0,962	0,971
		0,02000	33° 52'	0,921 0,919	0,920	0,980 0,970	0,979
	0,100	0,02010	11° 52'	0,967 0,964	0,965	0,968 0,965	0,967
		0,01990	14° 12'	0,958 0,957	0,958	0,973 0,967	0,970
		0,02100	16° 34'	0,951 0,950	0,951	0,977 0,969	0,974

110. Analizzando attentamento questa tavola sarà facile dedurre lo conseguenze seguenti.

1° La portata va gradatamente aumentando al crescere dell'angolo di convergenza fino verso i 13° e mezzo, pel qual angolo il coefficiente della portata è circa 0,95. Crescendo l'angolo di convergenza oltre i 13° e mezzo la portata diminuisce dapprima lentamente, ma poi la diminuzione diviene di più in più rapida, non essendo più il coefficiente della portata che 0,84 per l'angolo di 50°. La portata, e quindi il coefficiente della portata, è massima per angolo compreso fra 13° e 14.°

2° La velocità dell'efflusso, e quindi il relativo coefficiente, va invece aumentando a mano a mano che aumenta l'angolo di convergenza, ed il coefficiente è già molto vicino all'unità per l'angolo di 50° circa.

111. Dividendo il coefficiento della portata per quello della velocità si ottiene il coefficiento di contrazione esterna, che è pressocchè eguale ad uno per tutti gli angoli di convergenza inferiori a 10°; risulta che fino a quest'ultima convergenza lo molecole escono pressochè parallele all'asse del tubo. Al di là di 10° la contrazione esterna comincia a farsi sensibile, o a ridurre di più in più la sezione della vena fluente. Assai probabilmente è in ciò riposta la ragione dell'aumento della portata fino ai 13° e mezzo circa, e la successiva diminuzione al crescere dell'angolo, essendochè al di là di tal punto più vale a diminuire la portata l'esterna contrazione di quello sia ad aumentarla il crescere della velocità.

112. A questa classe di tubi si potrebbero riferire eziandio le doccie piramidali usate principalmente a lanciare l'acqua sopra le ruote idrauliche. Per queste doccie si hanno alcune esperienze del Lespinasse sopra doccie a base rettangolare con due faccie convergenti sotto l'angolo di 11° 38', e le altre due sotto l'angolo di 15° 18', da questo si ebbe in medio per tal caso il coefficiente 0,98, il quale sarà il coefficiento da usarsi in casi consimili, cioè quando l'angolo di convergenza sia pressochè eguale per le due faccie, e sia in medio 13° e mezzo.

113. In tutto quanto si è detto fin qui si suppone che il tubo termini nell'interno in spigolo acuto; ma se l'imboccatura fosse arrotondata allora i coefficienti della velocità e della portata si fanno maggiori. In un'esperienza di Weisbach in cui l'angolo di convergenza del tubo era circa di 20°, cioè l'angolo sotto il quale converge la vena contratta, mentre

il tubo munito di imboccatura con spigolo acuto ebbe per coefficiente medio della portata, 0,94, quando l'imboccatura era arrotondata così da secondare il naturale andamento dei filetti liquidi esso coefficiente montò a 0,97.

Io non conosco esperienze le quali possano metterci in caso di valutare l'influenza di un arrotondamento della bocca d'entrata, e converrà accontentarsi in tal caso di aumentare alcun poco i coefficionti superiori; se l'ultima esperienza accennata potesse dar norma, l'aumento dovrebbe montare ad un tre per cento circa.

114. Nella pratica per valutare l'angolo di convergenza si procederà così.

Se il foro è circolare si misurerà il diametro interno D, il diametro esterno d e la lunghezza l del tubo, e, detto α l'angolo di convergenza, si avrà

$$tang \frac{1}{2} \alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{D - d}{l};$$

se si tratta di nna doccia piramidale si prenderà il medio dei due angoli che formano fra loro le faccie opposte, purchè i due angoli non differiscano moltissimo fra loro.

c) Tubi addizionali conici divergenti.

115. A formarci nna chiara idea dell'influenza di questi tubi addizionali è mestieri distinguere se si considera avvenire l'efflusso pel foro direttamente scolpito nella parete del recipiente, oppure per la bocca esterna del tubo. Sotto il primo punto di vista deve essere considerata l'azione del tnbo qualora fosse fissata l'apertura da farsi nella parete interna, e si potesse alla stessa applicare ad arbitrio un tubo addizionale; ma se si tratta invece di parete grossa scolpita in forma di tubo addizionale, in cui la sezione di efflusso è l'esterna, allora l'azione del tubo deve essere valutata nella sua influenza che ha sull'efflusso per la bocca esterna.

116. Ogni qualvolta il liquido fluisca dal tubo a piena bocca, paragonando la quantità di acqua che esce per l'intermezzo di questi tubi a quella che uscirebbe, sotto lo stesso carico, per la bocca aperta nell'interna parete si trova cho la prima è notabilmente più grande della seconda: paragonata però invece con quella che uscirebbe dalla vera luce esterna di efflusso se, sotto il medesimo carico, invece di essere l'acqua accompagnata alla stessa per mezzo dell'imbuto, la

bocca fosse in lastra sottile e immediatamente aperta nella parete del recipiente, si troverà la prima molto inferiore alla seconda.

Quando dunque si dice che questi tubi aumentano notabilmente la portata, si deve intendere la portata che si avrebbe dall' interna apertura, che in tal caso si stima essere la regolatrice della portata. Egli è sotto questo punto di vista che la legge del Senato Romano, che proibiva l'uso di queste doccie, deve essere considerata ed applicata.

117. Nelle doccie che ora consideriamo l' efflusso non avviene a piena bocca se non allora che l'angolo di divergenza del tubo è assai piccolo, non superiore forse ai 7° ed 8°, ed anche in tal caso il fenomeno si ottiene con molta difficoltà. La massa fluente sembra rompersi in parti, e forse la continuità della massa è difficilmente mantenuta, come lo si può sospettare dalle forti pulsazioni manifestate dal getto, e dall'aspetto torbido del getto medesimo. Per angoli di divergenza per altro che non superino i 5°, e per una lunghezza di tubo di circa nove volte il diametro della luce interna, il fenomeno succede abbastanza regolarmente, e ciò tanto più se l' imboccatura del tubo è conformata nella figura della conoide di contrazione.

118. Ben poco si può raccogliere di sicuro dalle varie esperienze che si hanno relativamente a questi tubi. Quelle di Daniele Bernoully sono sfigurate da indagini estranee, mal sicure e forse immaginarie; le poche prove del Venturi urtano quasi tutte nello scoglio di essere istituite con cannelli di tale rapporto fra le due sezioni estreme, che il getto è quasi sempre irregolare, ed in poche l' efflusso ha luogo naturalmente a piena bocca; quelle finalmente di Eytelwein hanno più propriamente per iscopo di vedere fino a qual punto si possono applicare le formole pei lunghi tubi di condotta. Fortunatamente nella pratica queste doccie sono pochissimo usate, e si fa quindi meno sentire la mancanza di un numeroso corredo di appropriate esperienze.

119. Secondo alcune esperienze del Weisbach in un tubo coll'angolo di divergenza di 7° 38', con diametro interno 0,01 ed esterno 0,015, il coefficiente della portata sarebbe

applicato alla luce esterna $= 0{,}425$
applicato alla luce interna $= 0{,}956$

e in queste esperienze l' imboccatura interna del tubo era in spigolo acuto.

5

Nelle esperienze del Venturi l'interna imboccatura era conformata nella figura della conoide di contrazione, e i coefficienti variarono moltissimo secondo i vari casi. Raccogliendo qui i più avverati si avrebbe

Diametro interno	Diametro esterno	Lunghezza del tubo	Angolo di divergenza	Coefficiente della portata per	
				la bocca esterna	la bocca interna
0,0406	0,0406	0,111	3° 30'	0,93	0,93
	0,0710	0,460	4° 38'	0,44	1,34
	0,0514	0,176	5° 44'	0,64	1,02
	0,0419	0,045	10° 16'	0,86	0,91
	0,0812	0,264	10° 16'	0,23	0,91

120 Secondo quest'ultimo autore il tubo conico divergente che darebbe il massimo rapporto fra la portata reale e quella che si avrebbe dalla luce interna, qualora questa fosse scolpita in lastra sottile, dovrebbe avere un angolo di divergenza di 5°, essere lungo nove volte il diametro della luce interna, ed avere l'imboccatura conformata nella forma della conoide di contrazione. Il rapporto delle due portate sarebbe 2,4. Se però si valutasse l'efflusso dalla bocca esterna allora il coefficiente della portata sarebbe soltanto 0,45; ma, lo ripeto, le esperienze sono incerte, e ben poco si può dire con sicurezza intorno ai tubi predetti.

Capo XI. — Calcolo della portata degli orificii nel caso di efflusso impedito.

121. Nel calcolo della portata degli orificii, sieno essi scolpiti in lastra sottile o muniti di tubo addizionale, a contrazione completa o nò, si ammise fin'ora che l'efflusso succedesse liberamente nell'aria, ossia, come si dice, *a libera caduta;* ma non sempre questo ha luogo, od anzi assai di frequente succede che l'acqua nel fluire dall'orificio è impedita nel suo movimento da alcuni ostacoli, la cui influenza sulla portata non può essere assolutamente trascurata.

I casi che si presentano più comunemente sono:

1.° Quando l'acqua che fluisce trova al di là dell'orificio una doccia o canale ordinato a condurla a punto determinato, il cui fondo è a livello della base inferiore dell'orificio;

2.° Quando l'acqua fluisce in altra acqua che ristagna sulla bocca di efflusso coprendola o in tutto o in parte; oppure prova il ringorgo dell'acqua già fluita.

Nel primo caso si dice che l'efflusso è impedito dalla *presenza di un canale o di una doccia;* nel secondo si dice avvenire l'efflusso *a bocca rigurgitata.*

122. Per quanto spetta all'influenza che ha sull'efflusso la presenza di una doccia o canale che riceve l'acqua fluita dall'orificio, si hanno alcune preziose esperienze del Lesbros che si riportano ai casi più frequenti della pratica, e dalle quali io traggo le tavole seguenti, compendiando, per brevità, quelle che si trovano nella memoria originale già sopra citata, ed alla quale io rimando chi desiderasse averne una notizia più dettagliata.

Tutte le esperienze vennero eseguite sopra un orificio rettangolare di 0,^{m}20 di larghezza, cui venne applicato all'esterno un canale rettangolare tanto largo quanto l'orificio stesso, col fondo a livello della base inferiore dell'orificio, e della lunghezza di 3^{m} quando il fondo era orizzontale, e uno di 2,^{m}50 quando il fondo si inclinava all'orizzonte, nel qual caso l'inclinazione del fondo fu sempre di dieci di base sopra uno di altezza.

I casi cimontati sono i seguenti:

A) Contrazione completa sopra tutto il contornodel foro
Fondo del canale orizzontale.

B) Contrazione soppressa sopra la base inferiore del foro
a) canale a fondo orizzontale;
b) canale a fondo inclinato.

C) Contrazione soppressa sopra uno dei lati verticali
Canale a fondo orizzontale.

D) Contrazione soppressa sul fondo e sopra uno dei lati verticali
a) canale a fondo orizzontale;
b) canale a fondo inclinato.

E) Contrazione soppressa sopra i due lati verticali
a) canale a fondo orizzontale
b) canale a fondo inclinato.

F) Contrazione soppressa sul fondo e sopra i due lati verticali
a) canale a fondo orizzontale;
b) canale a fondo inclinato,

G) Contrazione soppressa sul fondo; pareti laterali inclinate al piano del foro di 45° e concorrenti ad imbuto sul foro
Canale a fondo orizzontale.

123. I coefficienti di riduzione della portata, calcolata colla formola

$$Q = . m S . \sqrt{2g . H} \; 1$$

si troveranno registrati nelle seguenti tavole, il battente si suppone sempre misurato immediatamente al di sopra dell'orificio.

Larghezza dell'orificio 0^m, 20; altezza 0^m, 20

battente	A	B		C	D		E		F		G
		a	b		a	b	a	b	a	b	
0,01	0,500	0,499	0,553	0,503	0,530	0,580	0,511	0,560	0,581	0,754	0,517
0,02	0,502	0,501	0,552	0,503	0,527	0,575	0,512	0,560	0,581	0,727	0,517
0,03	0,508	0,506	0,554	0,507	0,529	0,573	0,519	0,565	0,583	0,705	0,524
0,04	0,515	0,512	0,557	0,512	0,533	0,573	0,528	0,572	0,585	0,687	0,532
0,05	0,520	0,518	0,560	0,517	0,537	0,574	0,538	0,578	0,588	0,670	0,541
0,06	0,526	0,523	0,563	0,522	0,541	0,575	0,547	0,584	0,592	0,657	0,549
0,07	0,531	0,528	0,567	0,527	0,545	0,577	0,555	0,589	0,595	0,648	0,556
0,08	0,536	0,533	0,570	0,531	0,549	0,579	0,562	0,594	0,597	0,643	0,562
0,09	0,541	0,537	0,573	0,535	0,553	0,581	0,568	0,598	0,600	0,640	0,568
0,10	0,545	0,541	0,575	0,539	0,557	0,583	0,574	0,602	0,602	0,638	0,573
0,15	0,562	0,556	0,586	0,555	0,569	0,589	0,591	0,613	0,609	0,637	0,588
0,20	0,575	0,566	0,593	0,567	0,577	0,596	0,599	0,617	0,614	0,639	0,596
0,30	0,592	0,580	0,601	0,587	0,586	0,603	0,609	0,622	0,622	0,641	0,606
0,50	0,600	0,591	0,607	0,601	0,595	0,610	0,620	0,626	0,631	0,640	0,618
0,80	0,602	0,599	0,610	0,607	0,601	0,615	0,628	0,628	0,635	0,640	0,626
1,00	0,602	0,601	0,611	0,608	0,603	0,617	0,629	0,629	0,635	0,641	0,627
1,20	0,602	0,602	0,611	0,609	0,604	0,618	0,629	0,629	0,635	0,642	0,627
1,40	0,601	0,602	0,611	0,610	0,604	0,618	0,628	0,628	0,635	0,643	0,627
1,60	0,601	0,602	0,610	0,610	0,605	0,617	0,628	0,628	0,635	0,643	0,626
1,80	0,601	0,602	0,610	0,610	0,605	0,616	0,627	0,627	0,635	0,643	0,625
2,00	0,601	0,602	0,609	0,609	0,604	0,616	0,626	0,626	0,634	0,643	0,625
3,00	0,601	0,602	0,607	0,607	0,604	0,613	0,623	0,623	0,634	0,641	0,622

Larghezza dell'orificio 0,m20; altezza 0m05.

battente	A	B		C	D		E		F		G
		a	b		a	b	a	b	a	b	
0,01	0,481	0,472	0,625	0,506	0,498	0,650	0,539	0,584	0,536	0,739	0,506
0,02	0,508	0,506	0,620	0,539	0,530	0,634	0,568	0,599	0,563	0,677	0,537
0,03	0,543	0,538	0,621	0,566	0,556	0,631	0,588	0,611	0,585	0,660	0,562
0,04	0,570	0,565	0,625	0,585	0,575	0,634	0,601	0,619	0,600	0,657	0,580
0,05	0,589	0,581	0,629	0,599	0,589	0,637	0,611	0,625	0,610	0,656	0,594
0,06	0,603	0,592	0,633	0,608	0,599	0,640	0,618	0,630	0,619	0,655	0,604
0,07	0,613	0,599	0,636	0,614	0,606	0,642	0,623	0,633	0,625	0,655	0,611
0,08	0,621	0,604	0,639	0,618	0,611	0,645	0,626	0,635	0,629	0,654	0,616
0,09	0,625	0,607	0,641	0,621	0,614	0,646	0,629	0,637	0,632	0,654	0,619
0,10	0,628	0,609	0,643	0,623	0,616	0,647	0,631	0,638	0,634	0,654	0,621
0,15	0,631	0,614	0,648	0,628	0,622	0,652	0,635	0,639	0,639	0,654	0,626
0,20	0,638	0,617	0,651	0,630	0,625	0,653	0,636	0,639	0,642	0,655	0,629
0,30	0,630	0,622	0,652	0,632	0,629	0,653	0,636	0,639	0,646	0,656	0,632
0,50	0,625	0,626	0,652	0,632	0,631	0,652	0,636	0,637	0,649	0,657	0,636
0,80	0,624	0,628	0,651	0,630	0,633	0,651	0,635	0,636	0,649	0,657	0,637
1,00	0,624	0,628	0,651	0,627	0,633	0,651	0,635	0,635	0,649	0,657	0,638
1,20	0,623	0,628	0,651	0,625	0,633	0,652	0,635	0,635	0,648	0,657	0,638
1,40	0,621	0,627	0,651	0,622	0,633	0,652	0,635	0,635	0,647	0,657	0,638
1,60	0,618	0,626	0,651	0,620	0,632	0,652	0,634	0,634	0,647	0,657	0,637
1,80	0,616	0,624	0,650	0,618	0,631	0,651	0,634	0,634	0,646	0,657	0,636
2,00	0,614	0,623	0,650	0,617	0,630	0,651	0,633	0,633	0,644	0,656	0,635
3,00	0,606	0,618	0,646	0,611	0,645	0,627	0,632	0,632	0,639	0,653	0,635

Larghezza dell'orificio $0,^{m}20$; altezza $0,^{m}01$.

battente	A	B		C	D		E		F		G
		a	b		a	b	a	b	a	b	
0,01	0,578	0,589	0,745	0,584	0,581	0,725	0,639	0,644	0,618	0,702	0,622
0,02	0,614	0,630	0,732	0,625	0,619	0,718	0,663	0,668	0,654	0,701	0,659
0,03	0,640	0,655	0,726	0,650	0,644	0,715	0,680	0,685	0,672	0,703	0,677
0,04	9,659	0,670	0,721	0,665	0,660	0,713	0,691	0,696	0,674	0,704	0,689
0,05	0,668	0,678	0,718	0,673	0,671	0,712	0,698	0,702	0,693	0,706	0,697
0,06	0,673	0,682	0,715	0,677	0,678	0,711	0,702	0,705	0,698	0,707	0,702
0,07	0,675	0,684	0,713	0,678	0,683	0,710	0,703	0,705	0,701	0,707	0,705
0,08	0,675	0,684	0,712	0,679	0,685	0,709	0,702	0,704	0,702	0,707	0,706
0,09	0,674	0,684	0,710	0,678	0,686	0,708	0,700	0,702	0,703	0,707	0,706
0,10	0,673	0,683	0,709	0,677	0,687	0,708	0,698	0,700	0,703	0,707	0,705
0,15	0,668	0,681	0,705	0,670	0,685	0,704	0,686	0,687	0,701	0,704	0,702
0,20	0,665	0;679	0,703	0,666	0,683	0,702	0,680	0,681	0,699	0,702	0,699
0,30	0,658	0,676	0,702	0,659	0,680	0,701	0,675	0,675	0,696	0,701	0,693
0,50	0,648	0,671	0,699	0,650	0,678	0,700	0,669	0,669	0,692	0,699	0,686
0,80	0,637	0,668	0,696	0,639	0,675	0,700	0,663	0,663	0,687	0,699	0,681
1,00	0,630	0,665	0,695	0,632	0,671	0,699	0,661	0,661	0,685	0,699	0,677
1,20	0,625	0,662	0,694	0,628	0,668	0,697	0,658	0,658	0,683	0,699	0,670
1,40	0,620	0,659	0,693	0,624	0,664	0,696	0,655	0,655	0,681	0,699	0,666
1,60	0,617	0,656	0,693	0,622	0,662	0,695	0,652	0,652	0,677	0,699	0,663
1,80	0'614	0,655	0,693	0,620	0,660	0,694	0,651	0,651	0,675	0,698	0,662
2,00	0,613	0,654	0,692	0,618	0,659	0,694	0,650	0,650	0,672	0,698	0,660
3,00	0,609	0,651	0,690	0,613	0,657	0,691	0,647	0,647	0,666	0,697	0,657

Gli orificii aventi per altezza 0,m10 e 0,m03 non vennero cimentati che pei due casi *A);* e *D, a;* da questi esperimenti si hanno i dati ch'io riassumo nella tavola seguente

battente	Altezza dell'orificio 0,m10 A	altezza dell'orificio 0,m03		battente	Altezza dell'orificio 0,m10 A	altezza dell'orificio 0,m03	
		A	D—a			A	D—a
0,01	0,514	0,509	0,530	0,30	0,613	0,631	0,638
0,02	0,522	0,548	0,557	0,40	0,615	0,630	0,638
0,03	0,528	0,583	0,588	0,60	0,615	0,628	0,639
0,04	0,538	0,620	0,613	0,80	0,615·	0,627	0,639
0,05	0,552	0,639	0,626	1,00	0,614	0,625	0,638
0,06	0,564	0,640	0,631	1,20	0,614	0,623	0,638
0,07	0,573	0,639	0,633	1,40	0,613	0,621	0,637
0,08	0,580	0,639	0,633	1,60	0,611	0,619	0,636
0,09	0,584	0,638	0,634	1,80	0,609	0,616	0,635
0,10	0,588	0,637	0,634	2,00	0,607	0,614	0,634
0,15	0,600	0,634	0,636	3,00	0,603	0,607	0,631
0,20	0,607	0,632	0,637				

124. Il caso in cui l'acqua fluisca in altra acqua che ristagna sulla bocca di efflusso, coprendola o in tutto o in parte, va accuratamente distinto nei due seguenti

1.° o l'acqua a valle è acqua stagnante nella quale si versa l'acqua che esce dall'orificio;

2.° oppure l'acqua, versantesi per l'orificio è ricevuta da un canale, nel quale per un ostacolo qualunque opposto al libero corso dell'acqua, si genera un ringorgo, ossia quello che si dice un *rigurgito.*

Nel primo caso l'influenza è proprio quella che corrisponde al caso di bocca rigurgitata propriamente detta; nel secondo caso l'influenza è invece quella di un rigurgito prodotto nel canale di scarico.

125. Quando la bocca sia rigurgitata, e sia interamente sommersa, allora ciascuna molecola uscente dalla stessa, essendo premuta dall'indentro all'infuori da un'altezza d'acqua eguale alla sua distanza verticale dall'interno livello e dall'infuori all'indentro da un'altezza eguale alla sua distanza verticale dal livello esterno, sarà spinta definitivamente da un carico eguale alla differenza di livello dell'acqua a monte e

dell'acqua a valle, per cui detta H l'altezza verticale dell'acqua a monto sulla base inferiore dell'orificio, ed h la stessa altezza a valle, sarà

$$Q = m\,S\,.\sqrt{2g\,(H - h)}$$

Per quanto poi spetta al valore del coefficiente m di riduzione in questo caso, tanto dalle vecchie esperienze di Daniele Bernoully, quanto dalle nuove del Professore Sereni risulta ch'egli è sensibilmente eguale a quello che corrisponde al caso in cui l'acqua fluisca liberamente nell'aria, e basterà prenderne il valore dalle tavole relative poste superiormente.

126. Se la bocca sia rigurgitata soltanto in parte, allora si accostuma di partire la quantità totale dell'efflusso in due, la prima quella che spetta alla parte rigurgitata, che si calcola come superiormente pel caso di bocca interamente rigurgitata; e la seconda dovuta alla porzione libera, che viene calcolata come se la bocca versasse liberamente nell'aria.

Non voglio dissimulare per altro che questa regola sente un po' troppo dell'ipotetico, e che non deve essere adottata che in mancanza di meglio, e fino a che l'esperienza non abbia suggerite norme le quali possano ingenerare la speranza di un maggiore accordo col fatto.

*127. L'influenza del rigurgito nel canale di scarico venne attentamente studiata dal Lesbros nella sua memoria più volte citata, e dalla stessa io trarrò qui le principali norme da seguirsi in questo caso.

Prendendo per carico dell'orificio la distanza che separa il suo lato inferiore dal piano di livello interno, e per altezza del rigurgito l'elevazione del suo punto più alto pure contata dal lato inferiore del foro, esprimendo con H ed h le dette due quantità, e con S l'area del foro, si può usare al calcolo della portata anche in tal caso della formola

$$Q = m\,S\,.\sqrt{2g\,(H - h)}$$

e l'unica considerazione a farsi si riporta al coefficiente m di riduzione.

128. Ora risulta in primo luogo che il rigurgito non ha alcuna influenza sulla portata del foro nel caso in cui il rigurgito stesso non raggiunga la vena contratta; se quindi ha luogo questo basterà prendere per m quel particolare valore che compete alla speciale condizione del foro dai valori che noi abbiamo già consegnati nelle tavole precedenti.

L' influenza del rigurgito si fa sentire solo allora che con un movimento alternativo di va o vieni esso va alternativamento a riempiere il vano lasciato fra la vena contratta e le pareti laterali del canale; e in questo caso basterà moltiplicare il coefficiente di riduzione, valutato come ora si è detto, per 0,97.

129. Quando il rigurgito copre intieramente la vena contratta, locchè non ha luogo se non quando $\frac{h}{H}$ è almeno eguale a 0,537, allora i coefficienti di riduzione diminuiscono gradatamente a mano a mano che aumenta un tale rapporto, e dallo stesso Lesbros venne estesa una tavola dei valori del rapporto stesso pel caso delle sue esperienze, che si riportano ad un'orificio della larghezza di 0,^{m}05. In mancanza di meglio converrà ricorrere alla tavola stessa fidandosi al principio che il rapporto dei coefficienti di riduzione, nel caso in cui il ringorgo copre la vena contratta, resti lo stesso par uno stesso valore di $\frac{h}{H}$ qualunque sia l'orificio, e le circostaaze che accompagnano l'orificio stesso.

Detto β il coefficiente dell'orificio, nel caso in cui non siavi rigurgito, cioè il coefficiente dato dalle precedenti tavole, ed α il coefficiente relativo al caso del rigurgito che copre la vena contratta, si avrà α per β dalla tavola seguente

$\frac{h}{H}$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$\frac{h}{H}$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$\frac{h}{H}$	$\frac{\alpha}{\beta}$
0,54	0,882	0,66	0,692	0,84	0,477
0,55	0,846	0,68	0,674	0,86	0,442
0,56	0,827	0,70	0,656	0,88	0,402
0,57	0,813	0,72	0,633	0,90	0,352
0,58	0,796	0,74	0,612	0,92	0,297
0,59	0,778	0,76	0,590	0,94	0,236
0,60	0,763	0,78	0,566	0,96	0,166
0,62	0,734	0,80	0,540	0,98	0,086
0,64	0,714	0,82	0,512		

Se il rigurgito non raggiunge la vena contratta è $\frac{\alpha}{\beta} = 1$,

e quando riempie i vuoti fra questa vena e le pareti laterali del canale, senza raggiungere il vertice dell'orificio, allora qualunque sia $\frac{h}{H}$ è sempre $\frac{\alpha}{\beta} = 0,97$.

È già sottinteso trattarsi solo di rigurgiti prodotti da un ostacolo che rallenta l'efflusso dell'acqua fuori del recipiente, e non già di quelli che si formano naturalmente nel canale che prolunga l'orificio allorchè il carico è molto debole, sebbene il canale sia libero per tutta la sua lunghezza.

Capo XII. — Degli stramazzi o scaricatori a fior d'acqua, e in primo luogo della misura della depressione.

130. Quando un foro praticato nelle pareti di un recipiente è aperto superiormente così che l'acqua fluisca dallo stesso senza battente, allora quel foro dicesi *stramazzo o scaricatore a fior d'acqua.*

L'ordinaria forma dello stramazzo è quella di un rettangolo colla base orizzontale; oppure quella di un trapezio avente pure la base minore orizzontale. In quello che siam qui per soggiungere supporremo sempre che lo stramazzo sia un rettangolo; che se avesse la forma di un trapezio, allora, in base alla formola 8 del § 70, consideremo questo ridotto ad un rettangolo avente la stessa altezza a ed una larghezza data dalla formola.

$$l = \frac{2\,b + 3\,c}{5}$$

essendo b la base superiore, e c l'inferiore del dato trapezio, oppure, rappresentando con h l'altezza viva dell'acqua fluente, e con n la pendenza dei spigoli laterali, cioè a dire la base corrispondente ad uno d'altezza,

$$l = c + \frac{4}{5}\,n\,h$$

Negli stramazzi l'andamento della superficie libera presenta particolari fenomeni, il cui esame non può essere trascurato nella pratica; ed è appunto dall'esame di questi che noi prenderemo le mosse.

131. A meglio studiare il fenomeno immaginiamo praticate delle sezioni trasversali e longitudinali, mediante pian

verticali perpendicolari e paralleli all'andamento del filo medio del liquido, e segnate in ciascuna le curve secondo le quali riesce dai medesimi tagliata la suprema superficie del liquido stesso; noi potremo riscontrare i fatti seguenti.

Se lo stramazzo occupa tutta la larghezza del recipiente in cui trovasi aperto, di modo chè esso formi continuazione delle pareti laterali, allora tutte le sezioni trasversali praticate a monte del foro riescono terminate superiormente in linee rette orizzontali; dalla quale circostanza siamo avvertiti che in tal caso la superficie suprema è una superficie cilindrica a generatrici rettilinee orizzontali. Quando però lo stramazzo non occupi cho porzione della larghezza del recipiente, allora il profilo del fluido nelle vicinanze dell'apertura forma una specie d'incavo che con dolcissima inflessione va a confondersi colle parti laterali della superficie superiore, e non si disegna marcatamente se non se vicinissimo ai bordi verticali dell'orificio. Questa inclinazione, massima ai bordi, diminuisce poi verso il mezzo, dove alcune volte è nulla terminandosi il profilo sensibilmente in linea retta orizzontale per una certa estensione; altre volte invece presenta una linea ondulata con uno o più alzamenti uniformemente distribuiti, ma qualche volta anche con irregolarità più o meno marcate. Molte figure di tali profili si potranno vedere disegnate nelle tavole 25, 26 e 27 della memoria di Lesbros sull'efflusso dell'acqua pubblicata nel volume 13° delle *Mémoires présèntes par divers savants a l'Académie des Sciences de l'Institut National de France en Paris* 1852.

In quanto ai profili longitudinali, essi sono costantemente conformati in una linea curva continua volgente la concavità al fondo, e che va insensibilmente confondendosi colla retta orizzontale di livello del liquido ad una distanza dall'orificio più o meno grande secondo le circostanze. Nulla si può dire intorno alla speciale natura di questa curva.

Il fenomeno di una tale inflessione della superficie libera verso lo sbocco si dice *chiamata di sbocco.*

132. Vedremo in seguito come la formula la più opportuna per procedere al calcolo della portata di uno stramazzo sia la

$$Q = m\, l \,.\, H \,.\, \sqrt{2g \,.\, H}$$

dove l rappresenta la larghezza dello scaricatore, m il coefficiente di riduzione ed H il carico di efflusso, cioè la di-

stanza verticale che corre fra il lato orizzontale inferiore dello stramazzo e la superficie di livello del liquido là dove il liquido nel recipiente è stagnante.

Nella pratica riesce sempre assai difficile, e qualche volta impossibile, di misurare direttamente il valore di H, nè io sarei per suggerire l'uso del tubo ricurvo del Bidone, essendo troppo incerti, e spesso fallaci, i dati che si possono ricavare dallo stesso.

Qualora si potessero disporre opportunamente a monte dello scaricatore degli idrometri, più sicuri dati si potrebbero avere dall'uso dei medesimi, e quando non riesca troppo gravoso il farlo si potranno impiegare assai utilmente. Se però questo avesse a riescire o impossibile, o soverchiamente malagevole, allora è mestieri ricorrere al metodo suggerito dal Lesbros nella memoria sopra citata, metodo che, per la sua importanza pratica, credo utile di riportare qui nei suoi risultamenti finali, imperocchè troppo lungo riescirebbe l'esporre i molti tentativi fatti, e le esperienze che gli servono di fondamento. Chi amasse però di vedere sopra quali basi esso si fonda potrà utilmente consultare la memoria suddetta, e verificare quello che, per amore di brevità, io sono qui costretto a lasciare.

133. Nei pochi cenni dati in principio abbiamo veduto come, cominciando ad una distanza più o meno grande dallo stramazzo, la superficia libera del liquido si infletta, e come quindi l'altezza media dell'acqua sul lato orizzontale dello stramazzo, nella sezione stessa dello stramazzo, sia minore del carico H che entra nella formola della portata. Supposta misurata questa media altezza dell'acqua nella sezione dello stramazzo la indicheremo con h e la diremo *altezza media* dell'acqua fluente. Ora il Lesbros, dalle numerose esperienze da lui istituite, tentò di ricavare una relazione fra h ed H, per cui misurata la h si possa avere H che è la vera quantità cercata. Come era facile di prevedere non tutti i casi potevano essere abbracciati da una formola soltanto, e fu quindi costretto a classificare questi casi in alcune categorie nettamente definite, ed a cercare di accomodare una formola opportuna per ciascuna delle dette categorie. Il tentativo ottenne un esito abbastanza fortunato, e le formole da lui suggerite possono essere usate nella pratica con speranza di non dilungarsi troppo dal vero. Io le riporterò qui per gli usi pratici, rimandando sempre alla suddetta memoria chi bramasse di vederne le pratiche verificazioni.

Premetto che per h devesi prendere l'altezza media nella sezione di efflusso, ma che però in molti casi, si può invece prendere per h l'altezza al centro dello stramazzo senza svario notabile.

134. Per comprendere tutti i casi possibili si stabiliscono prima due categorie.

Categoria I.ª

La base dello stramazzo è interamente isolata dal fondo del recipiente, ossia è così elevata sul fondo stesso che la contrazione lungo la base riesce completa.

Categoria II.ª

La base dello stramazzo è a livello del fondo del recipiente, ossia la contrazione è soppressa sulla base inferiore dello strammazzo.

Ognuna di queste categorie abbraccia poi due casi distinti; cioè

Caso 1.º

Lo stramazzo versa liberamente nell'aria

Caso 2.º

Lo stramazzo versa in un canale orizzontale il cui fondo è a livello della base dello stramazzo, e la cui larghezza è quella dello stramazzo stesso.

Finalmente ognuno di questi casi si partisce in due secondo che il rapporto della larghezza dello stramazzo a quella del recipiente in cui è aperto è maggiore o minore di 0,5, cioè secondo che la larghezza dello stramazzo è maggiore o minore della metà della distanza che separa le due sponde laterali del recipiente.

135. Ecco le formole corrispondenti; bisogna solo ricordare che l'unità di misura delle formole è il millimetro, e che quindi per usarne dovranno tutte le misure essere ridotte a millimetri; avverto di più che l rappresenta la larghezza dello stramazzo ed L la distanza che separa le due pareti laterali del recipiente.

Il valore del rapporto $\frac{l}{L}$	**I.ª Categoria.** La base è interamente isolata dal fondo del recipiente.
	1.° Caso. — Lo stramazzo versa liberamente nell'aria.
inferiore a 0,5	$\left\{ \begin{array}{l} H - h = 0,9 + \sqrt{\{ p \, . \, h + 0,81 \}} = D^A \\ p = 5,428 - \{ 0,00173 \, . \, l - 2,373 \}^2 \end{array} \right\}$ A)
superiore a 0,5	$\left\{ \begin{array}{l} H - h = \alpha \, . \, h^2 + \beta \, . \, h - \gamma = D^B \\ \alpha = 0,00315 \left\{ \left(\frac{l}{L} - 0,656\right)^2 + 0,037 \right\} \\ \beta = 0,89 \left\{ \left(\frac{l}{L} - 0,83\right)^2 + 0,096 \right\} \\ \gamma = 9,1 \left\{ \left(\frac{l}{L} - 0,98\right)^2 - 0,333 \right\} \end{array} \right\}$ B)
	2.° Caso Lo stram. versa in un canale orizzontale
inferiore a 0,5	$\left\{ H - h \pm \{ 1,00 - (000138 \, . \, h - 0768)^2 \} \, D^A = D^C \right\}$ C)
superiore a 0,5	$\left\{ H - h \pm \frac{D^B}{1,723 + (0,00444 \, . \, h - 0,607)^2} = D^D \right\}$ D)

Il valore del rapporto $\frac{l}{L}$	II.ª Categoria. La base è a livello del fondo del recipiente.	
	1.º Caso. — Lo stramazzo versa liberamente nell'aria.	
inferiore a 0,5	1.º Se h od H superano 60 o 78 millimetri $H-h=\frac{0{,}01\,.\,h+15{,}76}{0{,}9+\sqrt{(1{,}319\,h+0{,}81)}}\ D^{A}=D^{E}$	E)
	2.º Se h od H sono inferiori a 60 o a 78 millim. $H-h=\{1{,}088+(0{,}0048\ h-0{,}979)^{2}\}D^{A}$	E)
superiore a 0,5	$H-h=\partial\,.\,h+\theta=D^{F}$ $\partial=0{,}8276\ \{2{,}2782-\left(\frac{l}{L}-2{,}0054\right)^{2}\}$ $\theta=404\left\{\left(\frac{l}{L}-0{,}777\right)^{2}-0{,}0377\right\}$	F)
	2.º Caso — Lo stramazzo versa in un canale a fondo orizzontale.	
inferiore a 0,5	$H-h=\frac{0{,}059\,.\,h+4{,}35}{0{,}01\,.\,h+15{,}76}\ D^{E}$	G)
superiore a 0,5	$H-h=\frac{0{,}232\,.\,h-1{,}47}{0{,}748\,.\,h-14{,}0}\ D^{F}$	H)

136. Nelle formole precedenti si suppone sempre che i due lati verticali dello scaricatore distino egualmente dalle pareti laterali del recipiente; che se i due lati distassero inegualmente dalle pareti stesse, allora, però con tutta riserva viene suggerita la regola seguente: per carichi un po' forti, e pel caso in cui la base inferiore dello scaricatore sia isolata dal fondo del recipiente, se diciamo d e d' le due distanze dei bordi verticali dalle pareti, ed L la distanza delle pareti del recipiente, si potrà prendere per valore della depressione il medio dei due valori che si hanno nei due casi in cui L sarebbe $l+2d$; oppure $l+2d'$, essendo l la larghezza dello scaricatore.

Nei piccoli carichi però, la depressione invece di essere una media fra quelle che corrispondono ad $\frac{l}{l+2d}$ ed a $\frac{l}{l+2d'}$ sarebbe piuttosto eguale alla più piccola di queste due ultime diminuita della quantità di cui supera la maggiore.

137. Le formole superiori devono soltanto considerarsi come formole empiriche, e, perchè si possa formarsi un giusto criterio per la loro applicazione, riporto qui le stesso parole dalle quali sono seguite nella memoria del Leshros.

Le formole *A)* e *B)* si fondano sopra un grandissimo numero di esperienze fatte da varii osservatori sopra scaricatori o recipienti molto differenti fra loro, esse possono essere usate con fidanza, principalmente la prima, la quale soddisfa al caso di carico infinito, ed a quello così piccolo da riescire inetto a superare la forza d'adesione del liquido colla base dello stramazzo. Tuttavolta essa suppone che per gli scaricatori che superano in larghezza 1372 millimetri p sia costante ed eguale al suo valor massimo 5,428, e quindi che per eguali carichi le depressioni non varino più col variare della l. Rimarcheremo pure che in tutti quei casi nei quali si può usare di questa equazione si può andar paghi di misurare l'effettiva altezza della vena fluente al centro dello stramazzo e nel suo piano, imperocchè allora questa altezza differisce assai poco dall'altezza media

Tutte le altre formole sono unicamente basate sulle esperienze del Leshros; esse non hanno più lo stesso carattere di generalità che hanno le due prime ed in generale non si possono usare che con qualche restrizione. Così quelle che sono marcate con (C) e (G) cessano d'essere applicabili quando h supera i 557 millimetri per la prima, e quando supera i 233 millimetri per la seconda; in questi casi si devono calcolare direttamente le depressioni mediante le formole (A) od (E), come se lo stramazzo fluisse liberamante nell'aria.

Questa stessa formola (G), e quelle che abbiamo indicate con (E) (F) (H) non furono calcolate, e non possono quindi usarsi, che quando h superi i 60 millimetri, mentre che l'equazione $(E_{,})$ non soddisfa alla questione che da $h = 0$ fino ad $h = 204$ millimetri, di modo che (E) ed $(E_{,})$ somministrano i medesimi risultamenti da $h = 60$ fino ad $h = 204$ millimetri.

138. Infine, se indichiamo D la depressione relativa ad uno stramazzo di cui la base è situata sopra il fondo del re-

cipiente di una quantità R minore dei 17 centimetri, e con D^i la depressione che corrispondo allo stesso stramazzo nel caso in cui la base sia interamente isolata dal fondo; ammettendo che il rapporto $\frac{D}{D^i}$ sia costante, ammettendo cioè che ad eguali circostanze il fondo del recipiente abbia la stessa influenza sulla depressione, qualunque sia lo scaricatore e la sua disposizione, si potrà dedurre D per ogni valore di R compreso fra 0^m e $0,^m17$ da quello di D^i, che corrisponde al caso di $R = o > 0,^m17$, e che ci è dato dalle formole (A) (B) (C) o (D).

Se infatti si prendono per ascisse i rapporti $\frac{D}{D^i}$ o per ordinate i valori di R le esperienze danno una curva che differisce estremamente poco dalla retta rappresentata dell'equazione

$$\frac{D}{D^i} = 2,088 - 0,00\,64.\ R$$

la quale equazione varrà in ogni caso per calcolare la D calcolata prima la D^i ed essendo noto il valore di R.

139. Per quanto spetta all'ampiezza dell'inflessione, dalle varie esperienze di Castel, di Lesbros, e di Bidone risulta:

1.° Che questa ampiezza cresce col crescere del carico;

2.° Che cresce col crescere della larghezza dello stramazzo;

3.° Che non si estende mai oltre i due metri.

Del resto la conoscenza di una tale ampiezza è di piccolissimo interesse pratico.

Capo XII. — Continuano gli stramazzi. Regole pel calcolo della portata.

140. Sarebbe qui inutile entrare in una tediosa discussione intorno alla formola più appropriata al calcolo della portata degli stramazzi; tutte le formole suggerite hanno i loro vantaggi ed i loro inconvenienti, fra i quali grandissimo è quello di non essere applicabili che ad alcuni specialissimi casi e non più; tale sarebbe per esempio la formola suggerita del Francis che riporto in fine. Abbandonando una tale discussione che, a mio avviso, non potrebbe avere alcun reale vantaggio pratico, io conserverò la solita formola

$$Q = m\ L.\ H.\sqrt{2g.\ H}$$

data di sopra, come quella che al vantaggio d'essere più semplice unisce l'altro di adattarsi a tutti i casi e di abbiso-

gnare di coefficienti m di riduzione abbastanza bene determinati, specialmente dalle ultime esperienze del Lesbros. Qualunque sia il conto in cui devono essere meritamente tenute le esperienze del Francis io porto credenza che non si discostino neppure esse dalla formola suddetta, solo che si calcolino opportunamente i relativi coefficienti, almeno quando non sono sfigurate da particolari disposizioni.

Addottando dunque la formola superiore tutto è ridotto a vedere quali valori devono essere addottati pel coefficiente m nei varii casi pratici che si possono presentare.

141. Le esperienze del Lesbros comprendono tre casi distinti, che devono essere accuratamente separati in pratica.

(A) Quando l'acqua si versa dallo stramazzo liberamente nell'aria;

(B) Quando l'acqua è ricevuta in un canale scoperto largo quanto lo stramazzo, e col fondo a livello della base dello stramazzo stesso;

(C) Quando lo stramazzo è, come si dice, incompleto, ossia in parte rigurgitato. Ciò ha luogo quando l'acqua si versa in un bacino inferiore il cui livello supera la base dell' orificio. Il Dubuat chiamava in tal caso lo stramazzo *incompleto* o *semi-stramazzo*.

In ognuno di questi casi possono variare le circostanze relative alla contrazione della vena fluente nei soliti modi discussi superiormente trattando dell'efflusso per mezzo degli orificii.

142. In quanto agli stramazzi che versansi liberamente nell'aria, essi possono partirsi in due distinte categorie, secondo che la loro larghezza è minore o maggiore di un decimo della distanza delle pareti laterali del recipiente.

Per gli stramazzi la cui larghezza è inferiore ad un decimo di quella del recipiente i coefficienti di riduzione sono indipendenti dalla loro larghezza, fino a che questa è compresa fra 0,10 e 0,08 di quella del recipiente, ma al di sotto di quest'ultimo limite essi variano al variare della larghezza dello stramazzo.

Tanto nell'un caso quanto nell'altro il valore del coefficiente varia poi al variare della distanza della base orizzontale inferiore dello stramazzo dal fondo del recipiente. Sembra potersi affidare in ciò alla norma seguente: per carichi superiori a 0,^{m}05 il fondo del recipiente cessa di influire sulla portata quando la base dello stramazzo si trovi elevata almeno 0,^{m}25 sul fondo stesso; ma per carichi minori di 0,^{m}05

la detta distanza, a cui cessa l'influenza del fondo, deve essere maggiore, e forse non minore di 0,m54.

Per gli stramazzi spettanti alla seconda categoria, ossia per quelli stramazzi nei quali la larghezza loro è maggiore di nn decimo di quella del recipiente allora il valore del coefficiente di riduzione varia al variare del rapporto delle due larghezze, e si dovrà regolarsi in ogni caso dietro le norme che suggeriremo ben tosto.

143. Per gli stramazzi che versano l'acqua in un canale si avranno nella tavola seguente i valori dei coefficienti di riduzione corrispondenti ai varii casi, e per le interpolazioni si seguiranno le stesse norme che daremo pel caso di stramazzi versanti liberamente nell'aria.

Una opportuna tavola darà anche i valori del coefficiente di riduzione pel caso di stramazzo incompleto, segnalizzato superiormente. In questo caso però la formola da usarsi per il calcolo della portata sarà

$$Q = m\,S.\sqrt{2g\,(h-h_1)}$$

dove h rappresenta l'altezza dell'acqua sulla soglia inferiore dello stramazzo misurata in un punto ove il liquido sia stagnante, o calcolata colle formole date al § 135, ed h_1 rappresenta la distanza verticale che corre fra la soglia inferiore dello stramazzo e la superficie dell'acqua nel canale al suo punto il più basso, cioè là dove la nappa superiore della vena fluida che esce dall'orificio incontra la superficie del liquido contenuto nel bacino inferiore.

144. Potendo interessare il caso in cui la parete nella quale è aperto lo stramazzo abbia una certa grossezza, così vennero eseguite pure alcune esperienze per questo caso, che si troveranno consegnate nella tavola IV.a

145. Le circostanze particolari a cui si riportano lo varie colonne delle due tavole I.a e II.a sono le seguenti:

(*A*) Contrazione completa sopra tutto il contorno;

(*B*) Una delle pareti del recipiente dista dal lato verticale corrispondente soltanto sei volte e mezza circa la larghezza dello stramazzo;

(*C*) Tutte e due le pareti del recipiente distano dai corrispondenti lati verticali dello stramazzo circa sei volte e mezza la sua larghezza;

(*D*) La base inferiore dello stramazzo è in continuazione del fondo del recipiente, la contrazione è completa sui lati verticali;

(*E*) La base inferiore dello stramazzo è in continuazione del fondo del recipiente, ed una delle pareti laterali dista unicamente 0,^{m}02 dal corrispondente lato verticale dello stramazzo;

(*F*) La base inferiore dello stramazzo è in continuazione del fondo del recipiente, e le due pareti laterali distano ciascuna solo 0,^{m}02 dei corrispondenti lati verticali dello stramazzo;

(*G*) La base inferiore dello stramazzo è isolata: una delle pareti laterali del recipiente dista solo 0,^{m}02 del corrispondente lato verticale dello stramazzo;

(*H*) La base inferiore dello stramazzo è isolata; ambedue le pareti laterali del recipiente distano solo 0,^{m}02 dai corrispondenti lati verticali dello stramazzo;

(*K*) Là base inferiore dello stramazzo è isolata; i lati verticali sono in immediata continuazione delle pareti laterali del recipiente;

(*L*) La base inferiore dello stramazzo è isolata; le pareti laterali del recipiente concorrono ad imbuto sul foro sotto l'angolo di 45° lasciando fra la parete e lo spigolo del foro una distanza di 0,^{m}02.

In tutti questi casi il carico H si deve ritenere misurato in punto ove il liquido sia stagnante, o calcolato colle formole del § 135.

L'influenza del canale orizzontale che riceve l'acqua fluita dallo stramazzo fu cimentata soltanto pei casi delle disposizioni dello stramazzo indicate colle lettere (*A*), (*D*), (*E*), (*F*), (*G*), (*H*), (*L*); la disposizione corrispondente all'indicazione (*H*) venne cimentata (*a*) col fondo del canale orizzontale (*b*) col fondo del canale inclinato $\frac{1}{10}$

La lunghezza del canale era in ogni caso 3^m tranne l'ultimo in cui fu soltanto di 2,^{m}50.

TAVOLA I.ª — Stramazzo che si versa liberamente nell'aria.

Carico	Coefficienti per la disposizione									
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L
0,01	0,424	0,431	0,436	0,384	0,362	0,292	0,457	0,457	0,492	0,446
0,02	0,417	0,424	0,428	0,402	0,379	0,318	0,446	0,444	0,473	0,437
0,03	0,412	0,418	0,422	0,410	0,388	0,337	0,437	0,435	0,459	0,430
0,04	0,407	0,413	0,416	0,411	0,394	0,352	0,430	0,429	0,449	0,424
0,05	0,404	0,408	0,411	0,411	0,398	0,362	0,425	0,426	0,442	0,419
0,06	0,401	0,405	0,407	0,410	0,400	0,370	0,420	0,424	0,437	0,416
0,07	0,398	0,403	0,405	0,409	0,402	0,375	0,416	0,422	0,435	0,412
0,08	0,397	0,401	0,402	0,409	0,403	0,379	0,413	0,421	0,434	0,409
0,09	0,396	0,399	0,400	0,409	0,404	0,380	0,411	0,421	0,434	0,407
0,10	0,395	0,398	0,399	0,408	0,405	0,382	0,409	0,420	0,434	0,405
0,12	0,394	0,396	0,396	0,408	0,406	0,383	0,407	0,420	0,434	0,403
0,14	0,393	0,395	0,395	0,408	0,407	0,383	0,407	0,422	0,434	0,403
0,16	0,393	0,394	0,394	0,407	0,407	0,384	0,405	0,424	0,433	0,403
0,18	0,392	0,393	0,393	0,406	0,408	0,383	0,404	0,424	0,432	0,403
0,20	0,390	0,391	0,391	0,405	0,408	0,383	0,402	0,424	0,432	0,403
0,25	0,379	0,383	0,383	0,404	0,407	0,381	0,396	0,422	0,428	0,401
0,30	0,371	0,375	0,375	0,403	0,406	0,378	0,390	0,418	0,424	0,398

La larghezza dello stramazzo era $0,^{m}20$.

TAVOLA II.ª

Stramazzo che versa in un canale col fondo a livello della base inferiore dello stramazzo.

Carico	Coefficienti nel caso delle disposizioni							
	A	D	E	F	G	H a	H b	L
0,02	0,196	0,208	0,201	0,175	0,368	0,383	0,395	0,190
0,03	0,234	0,232	0,228	0,205	0,358	0,373	0,385	0,222
0,04	0,263	0,251	0,250	0,234	0,351	0,365	0,379	0,250
0,05	0,278	0,268	0,267	0,260	0,346	0,360	0,375	0,272
0,06	0,286	0,281	0,280	0,276	0,344	0,355	0,372	0,286
0,07	0,292	0,288	0,289	0,285	0,343	0,352	0,371	0,296
0,08	0,297	0,294	0,295	0,291	0,341	0,349	0,371	0,304
0,09	0,301	0,298	0,300	0,295	0,340	0,347	0,370	0,309
0,10	0,304	0,302	0,304	0,299	0,340	0,345	0,369	0,313
0,12	0,309	0,308	0,310	0,306	0,338	0,343	0,369	0,320
0,14	0,313	0,312	0,314	0,311	0,336	0,341	0,368	0,325
0,16	0,316	0,316	0,317	0,315	0,334	0,340	0,367	0,329
0,18	0,317	0,319	0,319	0,319	0,333	0,339	0,367	0,333
0,20	0,319	0,323	0,322	0,322	0,331	0,338	0,366	0,335
0,25	0,321	0,329	0,326	0,329	0,328	0,336	0,364	0,341
0,30	0,324	0,332	0,329	0,332	0,326	0,334	0,361	0,345

TAVOLA III.ª

Stramazzo incompleto della larghezza di 0,m24 prolungato fuori del recipiente con un canale rettangolare orizzontale scoperto, della stessa larghezza dello stramazzo.

Rapporto fra l'altezza libera e l'altezza totale $\frac{h-h_1}{h}$	Coefficiente	$\frac{h-h_1}{h}$	Coefficiente	$\frac{h-h_1}{h}$	Coefficiente
0,004	0,430	0,025	0,557	0,15	0,512
0,005	0,496	0,030	0,546	0,20	0,507
0,006	0,556	0,035	0,537	0,25	0,502
0,007	0,597	0,040	0,531	0,30	0,497
0,008	0,605	0,045	0,526	0,35	0,492
0,009	0,600	0,050	0,522	0,40	0,487
0,010	0,596	0,06	0,519	0,45	0,480
0,015	0,580	0,08	0,517	0,50	0,474
0,020	0,570	0,10	0,516	0,60	0,459

TAVOLA IV.ª

Stramazzo della larghezza di 0,m60 scolpito in parete della grossezza di 0,m05 versante liberamente nell'aria, a contrazione completa su tutto il contorno.

Carico	Coefficiente	Carico	Coefficiente	Carico	Coefficiente
0,01	0,424	0,10	0,406	0,40	0,391
0,02	0,421	0,12	0,403	0,45	0,391
0,03	0,418	0,14	0,401	0,50	0,391
0,04	0,416	0,16	0,399	0,60	0,390
0,05	0,414	0,18	0,397	0,70	0,390
0,06	0,412	0,20	0,395	0,80	0,390
0,07	0,410	0,25	0,392	0,90	0,389
0,08	0,409	0,30	0,391	1,00	0,389
0,09	0,407	0,35	0,391		

146. Se la larghezza dello stramazzo è compresa fra 0,08 e 0,10 della larghezza del recipiente, allora il coefficiente non varia che al variare della distanza della base inferiore dello stramazzo dal fondo del recipiente. Se la detta distanza è maggiore di quella a cui si estende l'influenza del fondo allora varranno i coefficienti relativi alla disposizione segnata con *A;* se essa è in continuazione del fondo si useranno i coefficienti della colonna *D,* e si intercaleranno opportunamente fra questi due i coefficienti relativi ai casi intermedii.

Quando la larghezza dello scaricatore sia più piccola allora io non avrei di meglio da suggerire che l'uso della tavola seguente ch'io ho calcolata dalle esperienze di Castel paragonate coi risultamenti della tavola XL del Lesbros.

Carico	Larghezza dello stramazzo				
	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,08	0,394	0,407	0,416	0,435	0,476
0,10	0,399	0,411	0,420	0,435	0,466
0,12	0,399	0,413	0,421	0,435	0,456
0,14	0,400	0,413	0,422	0,434	0,454
0,16	0,400	0,414	0,422	0,434	0,453
0,18	0,401	0,414	0,423	0,434	0,453
0,20	0,401	0,416	0,423	0,434	0,451
0,22	0,401	0,417	0,424	0,434	0,451
0,24	0,402	0,418	0,425	0,434	0,450

147. Quando la larghezza dello stramazzo è maggiore di un decimo della larghezza del recipiente allora il coefficiente di riduzione varia e al variare del rapporto delle due larghezze, e al variare della distanza che corre tra il fondo del recipiente e la base inferiore dello stramazzo.

Se la distanza della base dello stramazzo dal fondo del recipiente è tale che la portata non ne riesca influenzata allora si potrà regolarsi sui coefficienti che si riportano alle disposizioni segnate *C, H, K,* intercalando fra i medesimi il coefficiente relativo al rapporto di $\frac{l}{L}$ che si considera, ed osservando che i rapporti delle dette larghezze corrispondenti alle tre disposizioni accennate sono rispettivamente 0,1578, 0,8333, 1,0000.

Se la distanza della base dal fondo è però tale da influire sulla portata, prima di procedere a questa interpolazione bisognerà determinare i coefficienti relativi alla distanza data, regolandosi sopra i risultamenti somministrati dalle disposizioni segnate con *F* ed *H*.

Si potrà pure in tali casi servirsi con giovamento della seguente tavola tratta dalle esperienze del Castel, purchè non si usino i valori *assoluti* della tavola stessa, ma bensì i valori *relativi* dei coefficienti d'uno ad un altro valore del rapporto $\frac{l}{L}$

Carico	Coefficienti relativi ai valori del rapporto $\frac{l}{L}$ rispettivamente eguali a							
	1,0000	0,9195	0,8109	0,6800	0,5403	0,4057	0,2695	0,1357
0,03	0,439	0,437	0,433	0,427	0,424	0,421	0,416	0,412
0,04	0,437	0,433	0,427	0,423	0,420	0,415	0,413	0,403
0,05	0,435	0,432	0.424	0,420	0,416	0,411	0,407	0,398
0,06	0,433	0,431	0,425	0,418	0,413	0,406	0,403	0,397
0.08	0,430	0,427	0,422	0,416	0,410	0,402	0,396	0,395
0,10		0,424	0,418	0,414	0,410	0,401	0,394	0,394
0,12					0,409	0,400	0,394	0,394
0,14					0,408	0,399	0,394	0,395
0,16							0,395	0,395
0,18							0,395	0,396
0,20							0,395	0,396
0,22							0,395	0,396
0,24								0,396

148. Come caso particolare riporto qui alcuni risultamonti delle grandiose esperienzo istituite sugli stramazzi da Francis a Lowell in America, esperimenti dei quali si potrà aver una più estesa notizia da una memoria del fu F. Colombani intitolata: — *Esperienze di Francis a Lowel ecc.*, Milano 1858.

Gli stramazzi esperimentati dal Francis erano verticali e partiti alcune volte da tramezzi pur verticali. Egli crede di poter applicare ai detti stramazzi la formola

$$Q = 0{,}415 \, . \sqrt{2g} \, . (l - 0{,}1 \, . n \, . H) \, . H^{\frac{3}{2}}$$

dove l rappresenta la larghezza dello stramazzo, n il numoro dei lati verticali dello stramazzo sui quali ha luogo la contrazione, ed H il carico misurato in tal punto ove il liquido sia stagnante. Se lo stramazzo è della forma ordinaria e in lastra sottile, nel quale quindi la contrazione ha luogo sui due lati verticali, sarà $n = 2$; e sarà $n = 0$ quando le sponde del recipiente sieno in continuazione dei lati verticali dello stramazzo.

Manifestamente la formola è particolarissima al caso degli esperimenti coi quali fu cimentata, e, a mio avviso, non potrebbe essere adoperata che nei soli casi in cui si presentassero disposizioni del tutto simili a quelle del Francis.

Capo XIII. — Dell'efflusso a livello variabile, e in primo luogo del calcolo della portata.

149. L'efflusso a carico variabile può aver luogo per tre modi distinti:

1.° o perchè il livello vada continuamento sbassandosi od elevandosi sopra la bocca di efflusso, e questa versi liberamente l'acqua nell'aria, oppuro in un recipiente ove l'acqua stessa ristagni a livello costante sopra la bocca di uscita.

2.° o perchè, il livello rimanendo costanto nel recipiente da cui il liquido fluisce, l'acqua si scarichi in altro recipiente ove il livello si vada gradatamente elevando o sbassando, e quindi la bocca riesca rigurgitata a controbattente variabile.

3.° o finalmente perchè nel medesimo tompo varii il livello del liquido tanto nel recipiente da cui il liquido fluisce, quanto in quello che lo riceve.

150. Quando varia il livello del liquido possono presentarsi due casi; cioè:

1.° Le variazioni del livello non dipendono menomamente dall'acqua che esce dal foro;

2.° le dette variazioni dipendono o in tutto o in parte dalla quantità di acqua che fluisce o che entra pel foro che si considera.

Si presentorebbe per es. il primo caso derivando acqua da un'apertura praticata nell'argine di un canale soggetto a marea; il secondo quando il recipiente si vnotasse o si riempisse per efflusso o per afflusso.

Nel primo caso l'altezza dell'acqua alla bocca di efflusso e quindi il carico di efflusso, sarà una funzione del tempo o data direttamente, o che bisognerà determinare mediante l'osservazione; nel secondo la determinazione delle variazioni di livello dovrà esser fatta mediante considerazioni particolari per ogni caso speciale. Tratteremo di questi casi nei seguenti capitoli, qui si fermeremo a determinare la quantità dell'efflusso, ossia la portata, di nna bocca quando il carico di efflusso varii con data legge.

151. Diremo *portata integrale* da t_1 a t_2 la qnantità totale di liquido che esce dal foro dato durante il tempo che corre da t_1 a t_2; *portata media* pnre da t_1 a t_2 quella portata per cui, se fosse costante durante tutto il tempo predetto, si avrebbe da quel foro la stessa portata integrale che si ha effettivamente. Rappresenteremo la prima quantità con Q, con q la seconda.

152. Supponendo nota la legge con cui varia il carico, diciamo x il carico alla fine del tempo t; siccome nel tempo infinitesimo dt si può ammettere che x resti costante, così durante questo tempo fluirà dal foro nna qnantità di acqua espressa da

$$m\,S\sqrt{2g}\,.\sqrt{x}\,.dt \text{ se si tratta di un orificio}$$

$$m\,L\sqrt{2g}\,.\,x^{\frac{3}{2}}\,.dt \text{ se di uno stramazzo}$$

la portata integrale da t_1 a t_2 sarà dunque

$$Q = m\,S\sqrt{2g}\,.\int_{t_1}^{t_2}\sqrt{x}\,.dt \text{ nel primo caso}$$

$$Q = m\,L\,\sqrt{2g}\,.\int_{t_1}^{t_2} x^{\frac{3}{2}}\,dt$$ nel secondo

e le relative portate medie

$$q = m\,S\,\sqrt{2g}\,.\,\frac{\int_{t_1}^{t_2} \sqrt{x}\,.\,dt}{t_2 - t_1}$$

$$q = m\,L\,\sqrt{2g}\frac{\int_{t_1}^{t_2} x^{\frac{3}{2}}\,.\,dt}{t_2 - t_1}$$

dove per m converrà prendere il medio valore, corrispondente alle speciali circostanze dell'efflusso, fra i due valori che competono al più grande ed al più piccolo valore di x; il che è sufficiente nella pratica.

152. Tutta la difficoltà pratica è dunque ricondotta

1.° ad avere x in funzione di t;

2.° ad eseguire le accennate integrazioni.

Per quanto spetta alla prima ricerca, egli è assai raro il caso in cui si conosca direttamente quale funzione della t è la x, ma, generalmente parlando, non si hanno che i valori di questa funzione corrispondenti a dati valori del tempo, e allora non mette conto di sforzarsi a determinare algebricamente la forma della funzione stessa, che già riescirebbe soltanto approssimata, ed anche nel massimo numero dei casi eccessivamente complicata. Riesce più spedito ed utile in pratica il procedere nella maniera seguente.

Fissato il tempo dentro il quale si vuole considerare l'efflusso si cercherà di procacciarsi il maggior numero possibile di valori della x corrispondenti ai varii tempi compresi dentro i limiti del tempo durante cui deve avvenire l'efflusso, e, per quanto è possibile, per intervalli eguali di tempo; fissata poi ad arbitrio una scala per rappresentare il tempo, ed una più grande per rappresentare i valori della x, si faccia una figura di cui le ascisse rappresentino i tempi e le ordinate i corrispondenti valori della x; uniti poi i punti così determinati con una curva continua, quella curva rappresenterà la funzione x del tempo che si cerca, e, quando siavi il bisogno, si potranno intercalare quanti valori si voglia conducendo le coordinate alla curva pei punti corrispondenti ai dati valori del

tempo. Così operando si potranno avere con sufficiente approssimazione i valori di x corrispondenti ad eguali intervalli di tempo, e quindi anche qualunque funzione dei valori medesimi.

153. Per quanto spetta ai valori degli integrali superiori si potrà procedere o nell' uno o nell' altro dei due modi seguenti.

Assegnati i valori di x si calcolino i valori o di $\sqrt{x}$ di $x\sqrt{x}$ o quindi si costruisca una figura nella quale, in egual scala, le ascisse rappresentino i tempi e le ordinate i valori corrispondenti delle suddetto funzioni della x, unendo i punti determinati con curva continua. Siccome i superiori integrali rappresentano l'area curvilinea compresa fra l'asse dell'ascissa le due ordinate estreme corrispondenti ai limiti $t = t_1$ e $t = t_2$ e la curva predetta, così basterà procedere a misurare l'area di questa figura usando di un planimetro, ammesso sempre che il disegno sia stato eseguito con tutta la cura richiesta. Così operando si potrà usare di quei valori della x che sono direttamente noti, senza bisogno di intercalare fra questi gli altri che sono egualmente distanti.

154. Qualora non si abbia in pronto un planimetro, allora bisognerà trovare prima come al § 152 i valori di x che corrispondono ad eguali intervalli del tempo, e supponendo questi intervalli abbastanza piccoli, ammettere che, pel tempo corrispondente a ciascuno di questi intervalli $\sqrt{x}$ oppure $x\sqrt{x}$ sieno sviluppabili in serie convergente secondo le potenze del tempo, e applicare poi al calcolo di Q le formole di Cotes, che richiamo qui a comodo di chi dovesse farne uso.

Diviso l'intervallo di tempo $t_2 - t_1$ in un numero n di parti eguali abbastanza piccole, e così che n sia un multiplo o di due, o di tre, o di quattro ecc. a seconda che si vuole usare della prima, della seconda, o della terza ecc. approssimazione, si consideri partito il valore totale in tanti valori parziali corrispondenti a due, a tre o a quattro ecc. di questi intervalli, e per ognuno si calcoli la quantità

$$R_o \cdot \sqrt{x_o} + R_1 \cdot \sqrt{x_1} + R_2 \cdot \sqrt{x_2} \,.....\, + R_{\cdot p} \sqrt{x_p}$$

se si tratta di un orificio; oppure la quantità

$$R_0\, x_0 \sqrt{x_0} + R_1 \cdot x_1 \sqrt{x_1} + R_2\, x_2 \sqrt{x_2} \\ .... + R_p \cdot x_p \cdot \sqrt{x_p}$$

se di uno stramazzo; dove è

$$\text{per } p = 2\ ;\ R_0 = R_2 = \frac{1}{6}\ ;\ R_1 = \frac{2}{3}$$

$$\text{» } p = 3\ ;\ R_0 = R_3 = \frac{1}{8}\ ;\ R_1 = R_2 = \frac{3}{8}$$

$$\text{» } p = 4\ ;\ R_0 = R_4 = \frac{7}{90}\ ;\ R_1 = R_3 = \frac{16}{45}\ ;$$

$$R_2 = \frac{2}{15}$$

ecc.

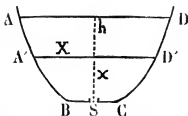
Sommati poi i valori parziali corrispondenti a ciascuna divisione fatta, ed indicando con Σ questa somma sarà

$$\text{per un orificio } q = \frac{p}{n}\ m\ S\ \sqrt{2g}\ .\ \Sigma$$

$$\text{per uno stramazzo } q = \frac{p}{n}\ m\ L\ .\ \sqrt{2g}\ .\ \Sigma$$

Capo XIV. — Delle variazioni di livello in un recipiente che si vuota per efflusso o si riempie per afflusso.

155. Se in un recipiente qualunque entra acqua e contemporaneamente ne esce, il livello del liquido nel recipiente varierà e particolarmente esso andrà elevandosi se entra più acqua di quella che ne esce, e inversamente. Le variazioni del livello dipendono evidentemente e dalla legge con cui entra od esce l'acqua e dalla legge con cui variano le varie sezioni orizzontali del recipiente stesso. Io non mi fermerò che sopra alcuni casi speciali che più frequentemente si incontrano nella pratica.

155. *Problema* 1.° Sia un vaso *ABCD*, sul cui fondo *BC* siasi praticato un foro di area *S*, ripieno di liquido fino in *AD* ad un'altezza *h* sopra il centro del foro di efflusso. Ad un dato istante si apra il foro *S* per cui il liquido

fluirà, e il suo livello andrà successivamente sbassandosi, così che scorso un tempo t il livello stesso sarà disceso in $A' D'$ ad una altezza x sul centro del foro, si domanda

1.° Il valore di x in funzione del tempo t.

2.° Quanto tempo impiegherà il liquido a sbassarsi di una data quantità K.

Sia X, funzione nota della x, l'area della sezione fatta nel recipiente ad un'altezza x sul centro del foro; nel tempo dt fluirà dal foro una quantità di liquido espressa da

$$m\ S\sqrt{2g\ .\ x}\ .\ dt$$

e siccome nello stesso tempo la x diminuisce di una quantità dx, ed il volume interno di $X dx$ così sarà

$$m\ S\sqrt{2g\ .\ x}\ .\ dt = -\ X\ .\ dx$$

donde

$$dt = -\ \frac{X\ .\ dx}{m\ S\sqrt{2g}\ .\sqrt{x}}$$

detto quindi T il tempo necessario per passare da un'altezza h ad un'altezza h_1 sul centro del foro sarà

$$(1)\qquad T = -\ \frac{1}{m S\sqrt{2g}} \int_h^{h_1} \frac{X.\ dx}{\sqrt{x}}$$

156. *Carollario* 1.° Se il vaso è prismatico e verticale allora sarà X costante ed eguale alla sezione orizzontale del vaso. Detta A questa sezione sarà

$$(2)\qquad t = \frac{2\ A}{m S\sqrt{2\ g}} \left\{ \sqrt{h} - \sqrt{x} \right\}$$

donde

$$(3)\qquad x = \left\{\sqrt{h} - \frac{mS\sqrt{2g}}{2\ A}\ .\ t\right\}^2$$

$$(4)\qquad T = \frac{2\ A}{m\ S\sqrt{2g}} \left\{ \sqrt{h} - \sqrt{h_1} \right\}$$

157. *Carollario* 2.° Se X varia proporzionatamente a $\sqrt{x}$ così che sia $X = K.\sqrt{x}$ sarà

$$x = h - \frac{m S \sqrt{2g}}{K} . t \tag{5}$$

cioè le variazioni dell'altezza saranno proporzionali al tempo.

Questa forma di recipiente tornerebbe per questo opportunissima per la costruzione di una clepsidra.

158. *Scolio.* Se la forma del vaso è tale che non sia possibile di rappresentare algebricamente la X, allora suddivisa l'altezza $h - h_1$ in un certo numero di parti eguali si misureranno le sezioni del vaso corrispondenti ad ognuna di queste divisioni, e si calcolerà per ciascuna la quantità $\frac{X}{\sqrt{x}}$, e si useranno delle formole di Cotes date superiormente.

159. *Problema* 2.° Lo stesso recipiente considerato sopra venga durante l'efflusso alimentato da una sorgente che porti allo stesso una determinata quantità q di acqua al secondo si domanda.

1.° Come varia la x al variare del tempo;

2.° Quanto tempo impiegherà l'acqua a discendere o ad elevarsi di una determinata quantità.

3.° Quale sarà il limite dello sbassamento o della elevazione.

Lo sbassamento o l'elevazione si arresterà manifestamente quando l'acqua che esce dal vaso eguaglia quella che entra nel vaso stesso. Detta quindi H l'altezza limite dell'acqua sopra il centro del foro sarà

$$m S \sqrt{2g . H} = q$$

donde

$$H = \left\{ \frac{q}{m S \sqrt{2g}} \right\}^2 \tag{6}$$

Entrando poi nel tempo dt la quantità $q . dt$ di acqua, ed uscendone la quantità

$$m S . \sqrt{2 g x} . d t$$

sarà

$$(m S \sqrt{2g} . \sqrt{x} - q) \, d t = - X . d x$$

donde

$$t = \int_h^x \frac{X . d x}{q - m S \sqrt{2g} . \sqrt{x}} \tag{7}$$

e

$$(8) \qquad T = \int_h^{h_1} \frac{X . dx}{q - mS\sqrt{2g} . \sqrt{x}}$$

Se è $h > H$ il livello si sbasserà, e inversamente: e nell'un caso e nell'altro h_1 potrà essere tutto al più che eguale ad H, e, teoricamente, il livello non giunge a questo limite che in un tempo infinito.

160. *Corollario.* Se il vaso è prismatico e verticale, è $X = A$ e quindi

$$(9) \quad T = \frac{2A}{mS\sqrt{2g}} \left\{ \sqrt{h} - \sqrt{h_1} \right\} +$$

$$\frac{2A . q}{m^2 S^2 . 2g} \; log. \; ip \; \frac{mS\sqrt{2gh} - q}{mS\sqrt{2gh_1} - q}$$

161. Se invece di un orificio l'acqua si versasse per uno scaricatore, allora detto x lo sbassamento alla fine del tempo t; h il carico originario; L la larghezza dello scaricatore, ed X la sezione del recipiente ad una distanza x dall'originario livello; nel caso di $q = o$ sarebbe

$$dt = \frac{1}{mL\sqrt{2g}} \cdot \frac{X dx}{(h - x)\sqrt{h - x}}$$

e se il vaso è prismatico e verticale

$$T = \frac{A}{mL\sqrt{2g}} \left\{ \frac{1}{\sqrt{h}} - \frac{1}{\sqrt{h_1}} \right\}$$

162. *Scolio.* Nei calcoli precedenti si è supposto m costante; ciò non ha veramente luogo, se non che variando m assai poco al variare del carico, non si commetterà errore valutabile prendendo per m il valor medio fra i due corrispondenti ai due carichi massimo e minimo.

Si è pure supposto che il recipiente si vuoti fluendo in acqua mantenuta a livello costante sulla bocca di efflusso; ma le formole superiori manifestamente valgono anche pel caso in cui il livello corrispondente al liquido a monte del foro sia costante, ma il liquido si versi invece in un recipiente che si vada successivamente riempiendo per l'afflusso.

Se il vaso si va vuotando le formole non possono estendersi che fino ad un valore di h_1 superiore al limite a cui si estende il gorgo, perchè al di là non regge più nè il teorema di Toricelli nè la regola del Castelli; se però il vaso si riempia allora esse possono estendersi fino ad $h_1 = o$.

Capo XV. — Delle variazioni di livello in recipienti comunicanti fra loro mediante fori convenientemente ristretti.

163. Allorchè due recipienti qualunque si mettano in comunicazione fra loro mediante un foro aperto nella parete di separazione, e il livello del liquido nei due recipienti sia differente, allora il liquido si versa dall'uno nell'altro, e così continua l'efflusso dall'uno e l'afflusso nell'altro fino a che il liquido si riduce allo stesso livello. Se il foro che serve di comunicazione fra i due recipienti è abbastanza piccolo in paragone delle sezioni dei due recipienti allora la velocità con cui discende la superficie libera nell'uno e sale nell'altro è trascurabile in faccia alla velocità dell'efflusso, almeno fino a che la differenza di livello è sensibile, e si può ammettere che la velocità dell'efflusso sia unicamente dovuta alla differenza di livello del liquido nei due recipienti.

Noi supporremo sempre che ciò abbia luogo in quanto siamo ora per soggiungere.

164. *Problema.* Da un vaso prismatico uscendo l'acqua per un piccolo foro entra in un vaso contiguo, prismatico anch'esso. Nel primo vaso entra una quantità costante Q di acqua al secondo, ed una quantità Q_1 di acqua, pure costante, entra anche nel secondo vaso. Scorso un certo tempo si domanda quale sarà l'altezza dell'acqua in ambedue i vasi.

Sieno h ed h_1 le altezze dell'acqua sul centro del foro nei due vasi all'origine del tempo; x ed y alla fine del tempo t, e sia $h > h_1$ quindi anche $x > y$; sia A la sezione orizzontale del primo, B quella del secondo vaso, ed S la sezione del foro. Ponendo per brevità di scrittura

$$\frac{A}{m\,S\sqrt{2g}} = a; \quad \frac{B}{m\,S\sqrt{2g}} = b;$$

$$\frac{Q}{m\,S\sqrt{2g}} = q; \quad \frac{Q_1}{m\,S\sqrt{2g}} = q_1$$

avremmo

$$a \frac{dx}{dt} = q - \sqrt{x-y}\,;\; b \frac{dy}{dt} = q_1 + \sqrt{x-y}$$

donde

$$a . dx + b . dy = (q + q_1) . dt$$

e quindi

(1) $$a . x + b . y = a h + b . h_1 + (q + q_1) . t$$

ponendo

(2) $$\begin{cases} x = \dfrac{1}{a+b} \left\{ a h + b h_1 + (q + q_1) t + b . z^2 \right\} \\ y = \dfrac{1}{a+b} \left\{ a h + b h_1 + (q + q_1) t - a z^2 \right\} \end{cases}$$

si avrà per determinare z l'equazione

(3) $$z . \frac{dz}{dt} + \frac{a+b}{2ab} . z + \frac{a . q_1 - b . q}{2ab} = o$$

la quale integrata così che per $t = o$ riesca $z = \sqrt{h - h^1}$ darà

(4) $$\frac{a+b}{2ab} . t = \sqrt{h - h_1} - z .$$

$$+ \frac{a . q_1 - b . q}{a+b} \log . \frac{(a+b) z + a . q_1 - b q}{(a+b)\sqrt{h-h_1} + a q_1 - b q}$$

Da questa si avrà z in funzione di t, che sostituita nelle (2) darà i cercati valori di x e di y.

165. Se sia $Q = o$; e $Q_1 = o$, quindi anche $q = o$ e $q_1 = o$ sarà

$$z = \sqrt{h - h_1} - \frac{a+b}{2ab} . t$$

e quindi

$$x = h - \frac{1}{a} \left\{ \sqrt{h - h_1} - \frac{a+b}{4ab}\, t \right\} . t$$

$$y = h_1 + \frac{1}{b} \left\{ \sqrt{h - h_1} - \frac{a+b}{4ab}\, t \right\} . t$$

e l'acqua si porrà nei due casi allo stesso livello dopo un tempo

$$t = \frac{2 . a . b}{a+b} . \sqrt{h - h_1}$$

Così pure se sia $aq_1 = bq$ ossia $A.Q_1 = B.Q$ sarà

$$z = \sqrt{h - h_1} - \frac{a+b}{2\,a\,b} \, . \, t$$

quindi

$$x = h - \frac{1}{a} \left\{ \sqrt{h - h_1} - q - \frac{a+b}{4\,a\,b} \, t \right\} . \, t$$

$$y = h_1 + \frac{1}{b} \left\{ \sqrt{h - h_1} + q_1 - \frac{a+b}{4\,a\,b} . t \right\} . \, t$$

e il liquido si porrà ad uno stesso livello nei due vasi dopo scorso un tempo

$$t = \frac{2\,a\,b}{a+b} \, . \sqrt{h - h_1}$$

166. Evidentemente sarà $x = y$ quando sia $z = o$, e quindi il livello sarà eguale nei due vasi, in qualunque caso, dopo scorso un tempo t dato dalla

$$t = \frac{2\,a\,b}{(a+b)^2} \, (aq_1 - bq) \log . \frac{a\,q_1 - b\,q}{(a+b)\sqrt{h-h_1} + aq_1 - b\,q} + \sqrt{h - h_1}$$

Capo XVI. — Delle principali applicazioni pratiche dell'efflusso a livello variabile.

167. Lasciando l'applicazione che può farsi delle precedenti ricerche ai sostegni di navigazione, come quella che non è che un immediato e semplicissimo corollario delle ricerche fatte intorno ai vasi prismatici e verticali che si vuotano o si riempiono per l'efflusso, mi limiterò unicamente alla soluzione dei due problemi seguenti:

1.° Assegnare il tempo che impiega a sbassarsi di una determinata quantità un dato stagno da cui l'acqua si versa per un orificio o per uno stramazzo.

2.° Assegnare le norme per valutare la portata delle sorgenti.

168. Assai malagevole, per non dire impossibile, riescirebbe in pratica il voler assoggettare a formola algebrica le variazioni delle sezioni orizzontali praticate a varie altezze in uno stagno d'acqua qualunque, ma per la pratica trattandosi di sbassamenti non molto forti, o dividendo lo sbassamento totale in parti sufficientemente ristrette, potrà valere abbastanza bene la regola seguente.

Si divida la parte dello sbassamento che si considera in due, e valutate le aree delle sezioni praticate nello stagno all'origine, al punto di mezzo ed al termine si dicano ordinatamente A_0; A_1; A_2, indicando con $2w$ lo sbassamento totale. Ciò fatto si potranno rappresentare le aree intermedie assumendo la formola parabolica e ponendo l'area generica

$$X = A_0 \left(1 - M . x - N . x^2 \right)$$

facendo rispettivamente

$$M = \frac{3\,A_0 - 4\,A_1 + A_2}{2\,A_0\,w}\,;\quad N = \frac{2\,A_1 - A_0 - A_2}{2\,A_0\,w^2}$$

e allora si avrà il tempo cercato dalla formola (§ 155)

$$T = \frac{1}{m\,S\sqrt{2\,g}} \int_{h_1}^{h_0} \frac{X\,d\,x}{\sqrt{x}}$$

se si tratta di un orificio di area S; oppure dalla

$$T = \frac{1}{m\,L\sqrt{2g}} \int_{h_1}^{h_0} \frac{X\,d\,x}{x\sqrt{x}}$$

se si tratta di uno stramazzo di larghezza L.

Per m si useranno in ogni caso i valori medii corrispondenti ai due carichi estremi, che furono dati superiormente, a seconda delle circostanze particolari dell'efflusso.

169. Ponendo nelle precedenti formole il valore di X dato superiormente sarà assai facile trovare

$$T = \frac{2\,A_0}{m\,S\sqrt{2\,g}} \left\{ \left\{ 1 - \frac{1}{3}\,M\,h_0 - \frac{1}{5}\,N . h_0^2 \right\} \sqrt{h_0} - \left\{ 1 - \frac{1}{3}\,M . h_1 - \frac{1}{5}\,N . h_1^2 \right\} \sqrt{h_1} \right\}$$

se si tratta di un orificio, e

$$T = \frac{2\,A_0}{m\,L\sqrt{2\,g}} \left\{ \left\{ 1 + M . h_1 + \frac{1}{3}\,N . h_1^2 \right\} \frac{1}{\sqrt{h_1}} - \left\{ 1 + M . h_0 + \frac{1}{3}\,N . h_0^2 \right\} \frac{1}{\sqrt{h_0}} \right\}$$

se di uno stramazzo. In ambedue le formole h_0 rappresenta il carico originario ed h_1 il carico finale; è dunque $h_1 = h_0 - 2w$.

Suppongasi ad esempio che si tratti di uno stagno di cui si cerchi il tempo corrispondente allo sbassamento di un metro versandosi l'acqua dallo stagno stesso per mezzo di uno scaricatore rettangolare prolungato esternamente da un canale largo quanto lo scaricatore ed a fondo orizzontale di non grande lunghezza e al cui termine l'acqua fluisca liberamente, cioè in modo da non produrre sensibile ringorgo. Sia originariamente il carico 1,^{m}50, e fatte tre sezioni orizzontali l'una alla distanza di 1,^{m}50, dalla soglia inferiore dello scaricatore, l'altra alla distanza di 1^{m}; e la terza alla distanza di 0,^{m}50 siasi trovato

$$A_0 = 354^{m.q};\ A_1 = 296^{m.q};\ A_2 = 208^{m.q}$$

essendo la larghezza dello scaricatore 0.^{m}60.

Sarà $w = 0,^{m}5$ e quindi si avrà

$$M = 0,24294;\ N = 0,16949;\ h_0 = 1,50;\ h_1 = 0,50$$

prendendo per m il coefficiente 0,324 dato dalla tavola II.^{a} § 145, e sostituendo nella seconda delle formole superiori i dati valori si avrà.

$$T = 320'' = 0^{h}\ 5'\ 20''$$

170. Per quanto spetta alla stima della portata delle sorgenti reputo che la regola più opportuna in pratica, e quella che offrirà meno inconvenienti di tutti sia ancora la seguente.

Si incassi la sorgente, di cui si vuol stimare la portata, in un tino, o pozzetto senza fondo, di forma prismatica retta e colle sponde impenetrabili all'acqua; si noti in esso l'altezza dell'ordinario livello, e quindi con un mezzo qualunque si porti in detto tino l'altezza dell'acqua al disotto del suo livello ordinario di una determinata quantità. Fatto ciò si noti il tempo che l'acqua impiega ad elevarsi al suo livello ordinario, non che quello che impiega a superare il detto livello di una quantità anch'essa assegnata. Ecco come mediante queste misure, unite a quella della sezione del tino, si può arguire la cercata portata della sorgente.

Sia h il carico incognito sotto al quale si effettua l'afflusso all'ordinario livello; S la somma delle piccole bocche della sorgente; Q la loro portata: a la depressione sotto l'ordinario livello quando principiò l'esperienza; b la elevazione, pure sopra l'ordinario livello, quando l'esperienza si chiuse; t_1 e t_2 i tempi impiegati per raggiungere l'ordinario livello e per oltrepassarlo di una quantità b; finalmente A la sezione del tino di prova.

Pel § 160, fatto $q = o$, avremo

$$Q = m\,S\sqrt{2g\,.\,h}$$

$$t_1 = \frac{2A}{mS\sqrt{2g}} \left\{ \sqrt{h+a} - \sqrt{h} \right\}$$

$$t_2 = \frac{2A}{ms\sqrt{2g}} \left\{ \sqrt{h} - \sqrt{h-b} \right\}$$

Ricavato mS dalla prima e sostituitelo nelle altre due, esse si riducono facilmente alle

$$h + \frac{Q \cdot t_1}{2A} = \sqrt{h^2 + a\,h}\,;\; h - \frac{Q \cdot t_2}{2A} = \sqrt{h^2 - b.h}$$

da cui, quadrando,

$$\frac{Q^2 \cdot t_1^2}{4A^2} = \left\{ -\frac{Q \cdot t_1}{A} + a \right\} h\,;$$

$$\frac{Q^2\, t_2^2}{4A^2} = \left\{ \frac{Q \cdot t_2}{A} - b \right\} . h$$

che divise l'una per l'altra, danno

$$\frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{-Q\,t_1 + a \cdot A}{Q \cdot t_2 - b \cdot A}$$

donde finalmente

$$Q = A \cdot \frac{b\,t_1^2 + a \cdot t_2^2}{t_1\, t_2\,(t_1 + t_2)}$$

Avendo cura di fermar l'esperienza quando sia $t_2 = t_1$, e detto t il tempo totale della prova, sarà

$$Q = \frac{A\,(a+b)}{t}$$

cioè la portata eguaglia in tal caso il volume d'acqua fluito diviso pel tempo totale dell'afflusso.

Questo metodo presenta il notabile vantaggio di non elevar troppo l'acqua nel pozzo di prova; il chè potrebbe far deviare molti fili del liquido, e forse irreparabilmente.

LIBRO SECONDO

Del Movimento dell'acqua per entro ai lunghi tubi di condotta e delle norme per la loro sistemazione

Capo I. — Nozioni.

171. Si dà il nome di *tubo di condotta*, ed anche semplicemente di *condotto*, ad una lunga serie di tubi esattamente congiunti l'un l'altro in modo da formaro un solo lungo tubo ordinato a condur l'acqua da un dato punto ad un altro pur dato.

I tubi di condotta si dividono in *semplici* e *composti* secondo che sono formati da una lnnga serie di tubi costituenti un unico tubo; oppure da un sistema di più tubi che, spiccandosi gli nni dagli altri, servono a diramar l'acqua, somministrata loro dal tubo principale, a più punti determinati.

172. L'acqua condotta per entro un tubo alcune volte all'estremità del tubo stesso si versa liberamente nell' aria, altre volte invece è ricevuta in una conserva o cassa chiusa dalla quale partono altri tubi ordinati a fare la distribuzione dell'acqua che mette in quella conserva. E nell' un caso e nell'altro diremo *punto di versamento* quel punto ove il tubo abbandona l'acqua da esso condotta; e *conserva o cassa di distribuzione* quella conserva o quella cassa chiusa donde si spiccano quei tubi ordinati a fare la suddivisione e la distribuzione dell'acqua che affluisce alla stessa.

173. Noi supporromo sempre che il tubo riceva perenne nlimento da un recipiente alla luce del quale sia congiunta l'origine, ossia l'imboccatura del tubo, e supporremo codesto recipiente mantenuto costantemente pieno, e d'ampiezza assai grande rispetto all'ampiezza del tubo.

Se l'acqua, proveniente da sorgenti, entrasse nel tubo con una certa velocità, allora s'immaginerà il tnbo applicato alla parete verticalo di un recipiente, nel quale il livello dell'acqua snl centro del foro d'entrata sia tale da ingenerare nell'acqua che entra nel tubo quella velocità della quale trovasi realmente dotata all'imboccatura del tubo medesimo.

Se il tubo versa liberamente nell'aria diremo *carico* del tubo l' altezza verticale che separa il centro della bocca di efflusso dal livollo dell' acqua nel recipiente da cui il tubo trae l'alimento. Che se il tubo versasse in una seconda con-

serva in cui il livello dell'acqua fosse mantenuto costante, allora il *carico* sarà la differenza dei livelli dell'acqua nelle due conserve di alimentazione e di scarico.

Se il tubo avesse a versare in una cassa chiusa, allora converrà ridurre la pressione dell'acqua sopra il coperchio in altezza, e supporre sostituita al coperchio stesso una colonna premente avente per altezza l'altezza d'acqua capace d'ingenerare col suo peso la pressione che si esercita sul coperchio della cassa medesima.

174. Se si immagina praticata nel tubo una sezione con un piano perpendicolare al suo asse, il contorno della figura che ne risulta dicesi *perimetro bagnato* od anche semplicemente *perimetro*; e dicesi *sezione* del tubo l'area della sezione medesima.

Ordinariamente i tubi sono di uniforme sezione e figura, per cui nello stesso tubo le due quantità ora accennate sono costanti.

Assai spesso i tubi sono puro cilindrici a base circolare, per cui detto D il diametro della base, C il perimetro ed S la sezione è

$$C = \pi . D \; ; \; S = \frac{1}{4} \pi . D^2$$

175. Si dice *gomito* quella piegatura che si dà al tubo per cui si fa mutar direzione al tubo medesimo. D'ordinario queste piegature sono conformate in arco di cerchio e costituiscono delle porzioni di superficie canali a direttrice circolare.

Si dice *strozzatura* quel qualunque restringimento della sezione di un tubo dopo del quale il tubo riprende la sezione di prima; e si dice invece *varice* un qualunque allargamento della sezione dopo del quale ritorna il tubo ad avere la sezione precedente.

176. La bocca di efflusso dei tubi alcune volte è libera, ossia dello stesso diametro del tubo; altre volte è munita di rubinetti di un diametro minore o di tubi addizionali. Diremo *bocca libera* nel primo caso, *bocca modificata* nel secondo.

177. La velocità con cui le fluide stille attraversano i varii punti di una stessa sezione non è costante ma è invece massima verso il centro e minima alle pareti. Attese le difficoltà in cui si incorrerebbe volendo tener conto di tali variazioni, ed il nessun giovamento che ne trarrebbe la pratica, si considera invece una velocità unica, e precisamente quella velocità che se fosse comune a tutti i punti di una stessa

sezione, passerebbe per la sezione stessa la medesima quantità di acqua che effettivamento vi passa. Questa velocità dicesi *velocità media*, e di questa intenderemo sempre parlare in seguito, sebbene per brevità la indichoremo sempre colla semplice denominazione di *velocità*.

Se Q è la portata per una sezione S, e v sia la velocità media in quella sezione, sarà dunque

$$v = \frac{Q}{S}$$

178. Perchè il movimento dell' acqua per entro a un lungo condotto debba considerarsi quale movimento in un tubo di condotta deve l' acqua riempire per intero il tubo altrimenti il condotto non sarebbe cho un canale coperto, e il movimento dell' acqua per entro al medesimo appartiene ad un' altra serie di fatti sui quali dovremo intrattenerci in appresso. Quando dunque il tubo è ripieno tutto di liquido, per la continuità della massa fluida, dovrà la velocità dell'acqua nelle varie sezioni essere inversamente proporzionate alle sezioni medesime; e quindi quando il tubo sia di nniforme sezione dovrà la detta velocità essere costante su tutta la sua lunghezza. E ciò in fatti ha luogo, e da ciò siamo appunto avvertiti esservi delle cause le quali, unitamente al carico d' acqua sovraincombente, concorrono nel produrre il fenomeno, e nel determinare la corrispondente velocità dell'acqua scorrente pel tubo. Queste cause si conoscono sotto il generale nome di *Resistenze*, attesocchè esse operano così che la velocità reale è notabilmente minore di quella che sarebbe dovuta all'effettivo carico di efflusso.

179. Le suddette resistenzo, tendendo a diminuire la velocità, producono lo stesso effetto che produrrebbe una effettiva diminuzione del carico, e quindi si potranno sempre esprime in altezza, e noi le valuteremo appunto sempre in altezza, e le riporteremo costantemente alla massa uno, valutando la loro influenza sopra tutta la lunghezza de tubo, ossia stimando la totale perdita in carico che esse producono.

180. Le resistenze delle quali abbiamo ora fatto parola sono di varie specie. Alcune si riscontrano in tutti i tubi sieno poi essi semplici o composti, e sono: 1.° La così detta resistenza d'attrito; 2.° La resistenza dovuta ai gomiti; 3.° La resistenza prodotta dalle strozzature e dalle varici. Altre sono proprie soltanto dei condotti composti e si generano: 1.° Dal mutamento di direzione nel passaggio dell'acqua da un tubo in una sua diramazione; 2.° Dalla perturbazione sofferta in

quosto passaggio, e si dice resistenza dovuta alla erogazione.

Nei soguenti capi analizzeremo a parte la loro influonza.

Capo II. — Della resistenza d'attrito.

181. Per uniformarmi alla comune appellazione chiamo io pure resistenza d'attrito questa prima e potente causa di diminuziono di carico che si riscoutra nel movimento dell'acqua pei lunghi tubi di coudotta; non vorrei però che il uome falsasso l'idea della cosa. Il vero attrito, quella resistenza a tutti nota con tal nome, non è l'attrito dell'acqua poi tubi; il primo è indipendente dalla superficie in contatto ed è proporzionale alla pressione, questo è invece indipendente dalla pressioue e dipende dalla superficie in contatto; la quale osservazione mi pare più cho sufficiente a mostraro che souo due resisteuze assolutameute distinte fra loro. Il nome non spiega il fatto, non fa che indicare uua causa di perdita di carico a cui sarebbe stato assai meglio di dare un uome differente. Assai probabilmeuto una tal perdita è occasionata dai moti discordanti che si generano nelle fluide stillo, scorrenti pel tubo, dalla scabrosità delle pareti, che per quanto piccola sia è pur sempre sentita dalla squisita mobilità del fluido. Noi non pretendiamo qui di spiegaro il fatto, ci basta avvertirlo, ed importa poi assaissimo di poterlo misurare.

182. Secondo quanto si è detto sopra la resistenza totale prodotta dall'attrito in un tubo è misurata dalla perdita in carico provata dall'acqua, e si potrà quindi averne sperimentalmente il valore operando nel modo seguente.

Ad un recipiente mantenuto costantemente pieno si adatti un luugo tubo di data lunghezza è di uniforme diametro, di più a bocca libera; ricevendo l'acqua che esce all'estremità del tubo in vasi di nota capacita si potrà sempre assegnare quauta acqua esce dal tubo in un secondo di tempo, e quindi quauta è la velocità dell'efflusso, e, per l'uniformità del tubo, la velocità iu ognuna delle sue sezioni. Avendo avuto cura di allontanare qualunque resistenza l'acqua scorrente pel tubo non risentirà altra resisteuza che quella d'attrito, la quale per ciò sarà misurata dalla differenza esistente fra il carico di efflusso e l'altezza cui è dovuta la vera velocità pratica dell'efflusso medesimo. Se diciamo H il carico corrispondeute al punto di versamento, e v la velocità reale del-

l'efflusso, la perdita totale, ossia la misura della resistenza cercata, sarà

$$H - \frac{v^2}{2g}$$

183. Molti benemeriti osservatori, fra i quali citerò principalmente Couplet, Bossut, Dubuat e Gerstner intrappresero una lunga serie di accuratissime esperienzo sopra tubi di differenti lunghezze e diametro, e sotto differenti carichi, dalle quali noi siamo fatti capaci a poter valutare la detta resistenza con tutta la maggioro approssimazione che può essere desiderata dalla pratica.

Per ciò comincieremo prima dal tentare di comporre una formola che possa rappresentare il valore di questa perdita, e dal suo paragone col fatto vedremo se, o dentro quali limiti, possa essere adoperata, e se può essere utilmente sostituita da altra che si accordi maggiormente colle tante esperienze da noi possedute.

184. Osservando che la detta perdita deve essere originata dalle scabrosità della superficie delle pereti rasentate dall'acqua è evidente ch'essa dovrà crescere col crescere della superficie medesima, e che quindi detto C il perimetro ed L la lunghezza del tubo, essa dovrà crescere al crescere del prodotto CL. In secondo luogo, ad eguale perimetro, dovendosi una tale resistenza distribuire sopra tutte le molecole che passano per la sezione, sarà per ciascuna molecola in particolare tanto più piccola quanto maggiore sarà il loro numero, e quindi dovrà essa diminuire al crescere della sezione S del tubo. Finalmente perdendosi effettivamento forza viva, la resistenza crescerà al crescere del quadrato della velocità v; se non che la bonchè minima viscosità del fluido ingenora un'altra resistenza, che diventa tanto più sensibile in paragone della prima quanto è più piccola la velocità. A Dubuat dobbiamo l'avere pel primo rimarcato questo fatto, a Coulomb l'aver dimostrato essere quest'ultimo effetto prossimamente proporzionale alla semplice velocità. In base a queste osservazioni sembra doversi esprimere la funzione della velocità con un binomio di cui il primo termine sia il quadrato della velocità, il secondo la velocità semplice moltiplicata per un particolare coefficiente numerico.

La più semplice funzione possibile che soddisfi alle precedenti condizioni è la

$$a. \frac{C.L}{S} (v^2 + b. v)$$

essendo a e b due coefficienti numerici; e se la sezione del tubo è circolare la

$$a. \frac{4\,L}{D} (v^2 + bv)$$

Volendo che qnesta formola rappresenti l'effettiva perdita in altezza dovrà essere

$$H - \frac{v^2}{2g} = a. \frac{4\,L}{D} (v^2 + bv)$$

185. Prony pel primo e quindi Eytelwein, facendo concorrere insieme tutte le esperienze a loro note, determinarono i valori dei due coefficienti a e b, e mostrarono come questa espressione delle resistenze concordi sufficientemente bene col fatto.

Prony diede i valori seguenti:

$$a = 0{,}000348 \;;\; b = 0{,}04885$$

Eytelwein

$$a = 0{,}000280 \;;\; b = 0{,}08214$$

Sebbene questi ultimi coefficienti tengano la formola abbastanza prossima al fatto, pure in molti casi essa si discosta ancor tanto da far desiderare una più minuta discussione della formola, e risultamenti più prossimi al vero.

Venturoli pel primo fece osservare che il valore dei coefficienti della formola superiore variava al variar del diametro, e il cav. di Gerstner si accinse in seguito alla loro determinazione per ciascun diametro in particolare (Handbuch der mechanick — Prag. 1837 zweiter band. pag. 175); siccome però una tale determinazione non era stata fatta usando del metodo dei minimi quadrati, del quale è oramai generalmente riconosciuta l'utilità, così io stesso mi accinsi ad una tale determinazione già fino dall'anno 1845, e n'ebbi risultamenti sotto ogni aspetto soddisfacentissimi. Si potrà ricorrere alla mia memoria originale pubblicata nel volume III delle *Memorie dell' I. R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* per seguire passo a passo la discussione delle esperienze e convincersi della attendibilità dei valori da me ottenuti. Qui per amore di brevità mi accontenterò di riassumere i risultamenti finali.

186. Classificando le esperienze secondo i diametri, e determinando il valore dei coefficienti della formola si ottengono i valori seguenti, dove avverto che si suppone essere tutto misurato in metri

D	a	b	a . b	log. a	log. b	log. a b
0,1354	0,00028659	0,00791	0,00002807	6,45727	8,99009	5,41825
0,0514	0,00025806	0,17826	0,00004600	6,41174	9,25105	5,66279
0,0361	0,00026004	0,21556	0,00005605	6,41501	9,33357	5,74861
0,0271	0,00026781	0,22657	0,00006069	6'42790	9,35520	5,78310
0,0138	0,00027817	0,38137	0,00010602	6,44431	9,58476	6,02907
0,0106	0,00030853	0,40393	0,00012462	6,48930	9,60631	6,09560

187. Rimarcando che il prodotto di ab per $\sqrt{D}$ si mantiene di poco vario, e che le variazioni hanno luogo massimamente nel secondo coefficiente ho voluto tentare eziandio l'applicazione della formola

$$\alpha. \frac{4L}{D} v^2 + \beta. \frac{4L}{D\sqrt{D}} v$$

e facendo concorrere alla determinazione dei coefficienti α e β tutte le esperienze di Couplet, Bossut e Dubuat ottenni

$$\alpha = 0,00026414 \ ; \ \beta = 0,000010251$$

$$log\ \alpha = 6,42184 \qquad log\ \beta = 5,01077$$

Confrontata la formola col fatto essa concorda assai più di quello nol faccia l'usuale formola di Eytelwein, e dovrà essero di preferenza usata quando non si voglia, o non si possa, tener conto delle variazioni dol diametro.

188. Riassumendo il detto fin qui avremo che la perdita prodotta della così detta resistenza d'attrito, valutata in altezza premente o in carico, sarà espressa dalla

$$a. \frac{4L}{D} (v^2 + bv)$$

usando per a e per b i coefficienti della tavola posta al numero 186, oppure dalla

$$\alpha \frac{4L}{D} v^2 + \beta. \frac{4L}{D\sqrt{D}} v$$

usando per α e β i valori del § 187.

Di questa seconda formola non si dovrà far uso che allora soltanto che, essendo ignoto il diametro, non si sappia a quale dei coefficienti della prima doversi appigliare.

Capo III. — Della resistenza dovuta ai gomiti alle strozzature ed alle varici.

189. Lor che è mestieri di mutar direzione ad un tubo i due tratti rettilinei si congiungono ordinariamente mediante una superficie canale a direttrice circolare del raggio il più grando permesso dalle circostanze; rarissime volte, ed anche solo in casi del tutto eccezionali, si lascia l'angolo al punto di congiunzione, o anche, ciò succedendo, si cerca sempre di arrotondarlo alcun poco.

Se si trattasse di un sol filetto liquido il suo piegarsi in curva non darebbe occasione ad alcuna perdita in carico, o solo la parete risentirebbe la pressione dovuta alla forza centrifuga; ma siccome si tratta di una corrente liquida di valutabili dimensioni, così, appunto per la forza centrifuga, i filetti liquidi si disturbano reciprocamente, e da ciò trae origino quella resistenza che si dice appunto la resistenza dovuta ai gomiti, e sulla quale ora dobbiamo fermare la nostra attenzione.

190. La resistenza dovuta ai gomiti, quando essi sieno bene arrotondati, non è mai molto grande, e per es. Bossut avendo preso un tubo di $0,^{m}027$ di diametro e della lunghezza di 16^{m} e, stesolo prima in linea retta orizzontale, ebbe una portata al minuto di $0,^{m.c}02084$ sotto il carico di $0,^{m}325$, o avendolo poscia piegato in forma di serpentino così da produrvi sino a sei gomiti, però bene arrotondati, ebbe ancora nello stesso tempo e sotto il medesimo carico la portata al minuto di $0,^{mc}02040$. Però moltiplicando i gomiti, o rendendoli molto risentiti, la perdita occasionata dagli stessi può farsi sensibile, e tale da non potersi trascurare. Ciò appare manifestamento dalle osperienze di Rennie, di Weisbach ed altri.

191. Per quanto poi appartiene alle leggi secondo cui avviene una tale resistenza, e principalmente alla sua misura, io credo che ancora le osperienze più concludenti sieno quelle del Dubuat. Egli prese differenti tubi, dapprima rettilinei, e misurò il carico necessario per avere dai medesimi un dato volume di acqua in un certo tempo pur dato; in in seguito gli congiunse con gomiti di varie dimensioni e

con differenti disposizioni, o verificò nuovamente il carico necessario per far fluire dai medesimi nello stesso tempo di prima le stessa quantità d'acqua. Evidentemente per uno stesso tubo la differenza dei due carichi era dovuta alla resistenza prodotta dai gomiti, e ne costituiva la vera misura in altezza. Egli fece venticinque esperienze dalle quali potè ricavare la regola seguente.

Supponendo prolungato il filetto medio del tratto rettilineo precedente al gomito fino all' incontro della esterna superficie, si pieghi quivi così che l'angolo d'incidenza sulla parete eguagli l'angolo di riflessione, poi si faccia continuare nella nuova direzione fino ad incontrare nuovamente la superficie esterna, e quivi si pieghi nuovamente come prima, e così si continui finchè si giunge ad imboccare il tratto rettilineo che sussegue il gomito. Ciò fatto si conti il numero delle riflessioni, e si misuri l'angolo che il filetto medio fa colla normale alla superficie esterna del gomito nel punto ove l'incontra, e la resistenza prodotta dal gomito si potrà ritenere proporzionale al quadrato della velocità dell'acqua, al numero delle riflessioni, ed al quadrato del coseno dell'angolo d'incidenza. Detto K un coefficiente numerico da determinarsi, n il numero delle riflessioni ed i l'angolo d'incidenza, la resistenza dovuta al gomito sarà espressa da

$$K. v^2. n. \cos^2 i$$

e vi saranno altrettanti di tali termini quanti sono i gomiti che si trovano nel tubo che si considera. Secondo Dubuat è poi $K = 0{,}0123$.

192. La seguente tavola, nella quale ci sono raccolte le principali delle dette esperienze del Dubuat, porrà in caso di giudicare l'approssimazione della formola, e le variazioni del coefficiente K.

Tubo				velocità del-l' acqua	Resi-stenza dovuta ai gomiti	Coeffi-ciente K
		Angoli				
Diametro	Lunghezza	numero	valore			
0,0271	3,167	1	54°	2,300	0,0203	0,0111
»	»	2	»	2,300	0,0406	0,0111
»	»	3	»	2,300	0,0674	0,0123
»	»	4	65°,43	2,300	0,0406	0,0111
»	»	10	54°	1,939	0,1598	0,0123
»	3,749	4	»	1,572	0,0444	0,0130
»	»	4	»	0,794	0,0111	0,0127
»	19,95	4	»	0,776	0,0106	0,0127
0,0541	6,910	4	»	2,336	0,0785	0,0099
»	»	4	»	1,590	0,0360	0,0103
»	»	6	65°,43	2,336	0,2339	0,0124
»	»	5	54°	2,336	0,2339	0,0124
»	»	1	33°,77	2.336	0,2339	0,0124

193. Attentamente considerando le varie esperienze istituite si potranno ricavare in generale le conseguenze seguenti:

Il coefficionte K, di cui il valor medio è 0,0123, non si mantiene prossimamente costante se non in quanto l'angolo d'incidenza si conservi superiore a 54°; ma quando quest'angolo sia inferiore anche il coefficiente K si fa notabilmente maggiore.

Pare che il valore di K diminuisca al crescere del diametro; il che riescirebbe confermato principalmente dalle esperienze di Weisbach.

La posizione dei serpeggiamenti non ha influenza, purchè, se i serpeggiamenti sono verticali, non si accumuli dell'aria nei punti più alti, producendo una strozzatura.

194. Dato l'angolo formato dai prolungamenti dei due tratti rettilinei, nonchè il diametro del tubo ed il raggio del gomito, cioè il raggio del circolo direttore, ecco come si possono avere facilmente n e $cos^2 i$.

Essendo R il raggio del cerchio direttore, e D il diametro del tubo manifestamente è

$$sen\ i = \frac{R}{R + \frac{1}{2} D}$$

e quindi

$$cos^2 i = \frac{D}{R} \frac{1 + \frac{1}{4}\frac{D}{R}}{\left(1 + \frac{1}{2}\frac{D}{R}\right)^2}$$

Supponendo poi condotti dal centro del cerchio direttore altrettanti raggi ai punti di inflessione del filetto medio gli angoli ai vertici di ciascuno dei triangoli, che ne nascono, avranno per valore $180^0\text{-}2i$, e quindi, sommandovi i due triangoli rettangoli estremi, si vedrà che si avranno altrettante volte $180^o—2i$ quante sono le riflessioni; e siccome l'angolo compreso fra le normali ai due tratti rettilinei condotte dal centro del cerchio direttore è supplemento dell'angolo formato dai due tratti rettilinei, così, detto w quest'angolo ed n il numero delle riflessioni, sarà

$$n = \frac{180^0 - w}{180^0 - 2i}$$

Se n avesse a riescire frazionario ciò indicherebbe che il filetto medio dopo le riflessioni non imbocca per diritto il tratto rettilineo sussegnente il gomito, e allora si prenderà per n il numero intero prossimo maggiore.

195. Se i dne tratti rettilinei si congiungono bruscamente ad angolo allora la resistenza prodotta da questa piegatura è assai forte, ma non si hanno esperienze abbastanza numerose per poterne valutare la intensità. Secondo alcune esperienze riportate dal Weisbach (*Die Experimental Hydraulik-Freiberg* 1855) se si esprime con δ la metà del supplemento dell'angolo formato dai due tratti rettilinei sembrerebbe potersi esprimere la resistenza mediante la formula

$$(0{,}04822 + 0{,}1044.\ sen^2\ \delta.)\ sen.^2\ \delta\ .\ v^2$$

Non posso per altro dissimulare che la formola stessa si appoggia sopra un numero assai limitato di esperienze, e che quindi abbisogna di ulteriore conferma.

196. Già al § 96 abbiamo veduto una causa di perdita di forza viva, e quindi di altezzza premente, ogni qual volta

8

l'acqua passa repentinamente d'una in altra velocità, e qne sto per l'nrto delle parti dotate di velocità differente e più pei movimeuti discordanti che da qnesta circostanza si ingeuerano nella massa fluente. Una tal perdita di forza viva, valutata in altezza, si stima espressa da

$$h_1 = \frac{(v_1 - v)^2}{2.g}$$

supponendo che l'acqua dotata di velocità v_1 prenda repentinamente la velocità v.

Un tale mutamento di velocità ha luogo ogni qualvolta la sezione S_1 della vena scorrente per un tubo repentinamente, cioè senza alcuna gradazione, si cambia in un' altra sezione S, e siccome è $Sv = S_1 v_1$ così per questo caso sarà

$$h_1 = \left(\frac{S}{S_1} - 1\right)^2 . \frac{v^2}{2g}$$

Perciò se diciamo β il coefficiente dell' altezza rappresen tante la perdita, pure in altezza, sofferta dell'acqna sarà

$$\beta = \left(\frac{S}{S_1} - 1\right)^2$$

Nella stima delle sezioni relative converrà poi sempre in ogni caso tener conto della contrazione della vena.

197. Quanto ora abbiam detto si riporta alle perdite che le strozzature o le varici, che per caso si incontrassero in un tubo di condotta, recano all'effettivo carico con cui l'acqua scorre pel tubo medesimo, e forse tali perdite si potrebbero stimare ln base alla formola superlore. Se non che interviene un dubbio che fa temere non forse un tal modo di stima non si tenga così vicino al vero come si dovrebbe desiderare. La perdita valutata snperiormente suppone che il passaggio dall'una all'altra velocità avvenga repentinamente e senza gradazione di sorta; ma ciò ha egli poi propriamente luogo? e se vi ha una gradnazione nel passaggio come valutarne l' influenza? Se noi guardiamo alle esperienze del Weisbach, da lui riportate nel suo trattato d'idraulica sopra citato, sembra che la stima di perdita data di sopra possa essere usata con sufficiente approssimazione, purchè si valutino esattamente i varii elementi, ma le dette esperienze

sono troppo poche, e istituite con dimensioni troppo piccole per poter rendere tranquilli nel caso ordinario della pratica. Ad ogni modo io sarei molto titubante nell'attenermi a questa stima; se non che vi ha il vantaggio che in pratica occorrerà di farne uso assai raramente, in quanto che, avendo l'esperienza mostrato il pregiudizievole influsso delle strozzature e delle varici, esse dovranno sempre essere con ogni cura evitate in una buona sistemazione di condotti d'acqua.

198. Una strozzatura si presenta sempre all' entrata dell'acqua dal recipiente alimentatore nel tubo per la contrazione della vena; secondo le norme superiori una tal perdita in altezza sarebbe espressa da

$$\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 \cdot \frac{v^2}{2g}$$

essendo m un coefficiente di contrazione, del quale però non si potrà aver mai il valore che per approssimazione. Nei tubi di condotta però una tal perdita pare assai piccola e ciò tanto più quanto il tubo è più lungo ed anche di maggiore diametro. Essa poi si toglie dando all'imboccatura del tubo una leggera curvatura e cercando di accordarlo colle pareti del recipiente.

D'altra parte nei lunghi tubi semplici questa perdita è già inclusa nella perdita per l'attrito, come fu valutata in base alle esperienze, e nei tubi composti si valuta nella così detta resistenza dovuta all'erogazione.

Capo IV. — Delle resistenze dovute al mutamento di direzione ed all'erogazione.

199. Se ad un tubo di condotta si innesta un altro tubo ordinato a derivare dal primo una porzione dell'acqua che scorre per entro allo stesso, evidentemente l'acqua entra nella diramazione con un carico eguale all'altezza di pressione effettiva che ha luogo nel punto ove si innesta la diramazione medesima, aumentato di quell' altezza cui fosse dovuta la porzione della velocità impressa che per avventura conservasse nella diramazione.

Un teorema, sul quale avremo occasione di fermarsi in appresso, dice che la pressione effettiva, esercitata dall'acqua in un punto qualunque delle pareti del tubo entro cui scorre, eguaglia l'altezza idrostatica diminuita di tutte le perdite provate fino al punto che si considera, e diminuita dell'altezza cui è dovuta la velocità dell'acqua nel tubo.

Se quindi diciamo h l'altezza idrostatica diminuita delle perdite sofferto al punto della diramazione, v la velocità dell'acqua scorrente pel tubo, e kv la porzione della velocità preconcetta che consorva nella diramazione stessa, il carico con cui l'aoqua entrerà nella diramazione sarà

$$h - \frac{v^2}{2g} + k^2 \frac{v^2}{2g} = h - (1 - k^2) . \frac{v^2}{2g}$$

200. Se la diramazione si stacca dal tubo in linea diritta formante angolo α oolla direzione precedente del tubo allora è manifestamento $k = cos\ \alpha$, e quindi il carico alla bocca di entrata

$$h - sen^2\ \alpha . \frac{v^2}{2g}$$

la qual formola regge per tutti i valori di α da 90° a 180°; per angolo inferiori a 90° la componente dolla velocità preconcetta è nulla, e quindi il carico sarà

$$h - \frac{v^2}{2g}$$

Se la diramazione parte dal tubo piegandosi in arco allora k si avvicinerà tanto più all'unità quanto sarà minore l'angolo che la tangente della curva della diramazione al suo principio forma colla direzione del tubo; in nessun caso però sarà $k = 1$, non essendo possibile schivare i movimenti vorticosi nol passaggio dell'acqua dal tubo alla diramazione, ma forse in molti casi la resistenza potrà valutarsi di poco superiore a quella opposta dai gomiti.

201. Nel passaggio doll'acqua dal tubo primario alla diramazione avviene necessariamente una contrazione della vena fluente, la quale contrazione produce l'effetto di una strozzatnra, e determina una perdita in carico, alla quale si dà il nome di *perdita doruta alla erogazione.*

Malamente si tenterebbe però di valutare una tal pərdita assimilandola in tutto a quella occasionata da una semplice strozzatura equivalente alla contrazione della vena; l'offetto della erogazione è un effetto sui generis che non può essere determinato che in baso a dirette esperienze. Malauguratamente non si hanno in questo riguardo cho duo esperienze dei sig. Mallet e Génieys ingegneri alle acque iu Parigi riportate

dal D'Aubnisson nel suo trattato di idraulica, e dalle quali risulterebbe doversi valutare una tal perdita in medio il doppio dell'altezza alla quale è dovuta la velocità dell'acqua nella diramazione; sembra però ch'essa diminuisca alcun poco al crescere della velocità. In mancanza di meglio io mi attorrò intanto a questo risultamento, non conoscendo io altre esperienze le quali valgano a recare lume maggiore in questa questione.

202. Nel caso dunque che da un tubo primario si spicchi una diramazione, l'acqua si muoverà in questa come se fosse direttamente alimentata da una conserva in cui il carico, o l'altezza dell'acqua sul centro della bocca di entrata, fosse eguale a

$$h - sen^2\,\alpha . \frac{v^2}{2g} - 2 . \frac{u^2}{2g}$$

essendo v la velocità dell'acqua nel tubo primario ed u la sua velocità nella diramazione; egli è dunque precisamente come se il carico corrispondente fosse diminuito delle due quantità

$$sen^2\,\alpha . \frac{v^2}{2g} \;;\; \text{e}\; 2 . \frac{u^2}{2g}$$

ed è appunto per questo che alle quantità stesse si dà il nome di perdite, o di resistenze.

203. Dopo esaminate tutte le predette resistenze sorge naturalmente la questione se in un sistema di tubi non si abbiano a temere altre perdite oltre quelle accennate fin qui. Il D'Aubuisson nel suo corso d'idraulica e nella sua teoria del movimento dell'acqua pei lunghi tubi di condotta crede poter ammettere che non si debbano temere altre resistenze e che quindi l'effetto delle diramazioni non si faccia menomamente sentire sul tubo primario. Egli è condotto ad una tale conseguenza dall'aver osservato che avendo collocato due piezometri, o misuratori della pressione, l'uno a monte e l'altro a valle di una diramazione stabilita in un tubo primario le altezze dell'acqua nei due piezometri si mantennero eguali sebbene avessero notabilmente variato le quantità dell'acqua e nella diramazione e nel tubo primario. Discende da ciò che una presa d'acqua fatta sopra un condotto non diminuisce sensibilmente la pressione, e quindi il carico, nei punti che stanno inferiormente a quello dove ha luogo la medesima; e quindi, a suo avviso, la conseguenza, che in un sistema

di tubi non si devono temere altre resistenze oltre quelle che noi abbiamo dettagliatamente stimate più sopra. Ed io mi accomoderò pure a questa conseguenza, sebbene alcuni fatti potessero indurre il sospetto che le diramazioni tendessero ad aumentare alcun poco la quantità totale della portata; e ciò tanto più volentieri in quanto che non si può pretendere in pratica di spingere l'esattezza oltre quel ragionevole limite al quale ci permettono di giungere l'istesse materiali costruzioni, e la tolleranza degli utenti.

Capo V. — Stabilimento dell'equazione fondamentale in un tubo qualunque e problemi relativi.

204. Analizzate così le varie resistenze che operano sul moto dell'acqua per entro ad un lungo tubo di condotta, passiamo ora a ricercare le formole che legano fra loro i vari dati dalla questione, per potersi far strada a risolvere le varie questioni che possono esser proposte. Comincieremo dal caso più semplice, che è quello in cui si abbia un solo condotto il quale ricevendo l'acqua da una conserva la trasporti ad una seconda conserva, o cassa di distribuzione, ovvero ad un punto ove succeda il versamento. Indicheremo costantemente con

H la differenza di livello esistente fra la superficie libera dell'acqua nella conserva alimentatrice e il punto di versamento quando il tubo versi liberamente nell'aria; altrimenti la differenza di livello fra la suddetta superficie libera e la superficie libera dell'acqua nella conserva che riesce alimentata dal tubo, o quella superficie a cui dovrebbe elevarsi l'acqua nella cassa di distribuziono per eguagliare col suo peso la pressione esercitata sul coperchio della cassa medesima.

v la velocità media dell'acqua scorrente pel tubo.

L la lunghezza totale del tubo.

Q la portata in un secondo sessagesimale di tempo medio.

D il diametro del tubo.

Se la bocca di uscita dell'acqua lungi d'essere libera, ossia di eguale diametro a quello del tnbo, fosse modificata, indicheremo con

V la velocità dell'acqua alla bocca di efflusso

md il diametro della bocca di efflusso, essendo m un coefficiente di riduzione, che dovrà prendersi a seconda delle condizioni particolari che modificano la bocca stessa.

Le equazioni stabilite per bocca modificata si ridurranno immediatamente a qnelle corrispondenti a bocca libera mntando md in D, e V in v.

205. Se non vi fossero resistenze l'acqna dovrebbe finire dalla bocca di efflusso con una velocità dovuta al carico H, ma fluendo invece con velocità V, che è dovuta ad un carico $\frac{V^2}{2g}$, l'acqua avrà perdnto in carico la quantità

$$H - \frac{V^2}{2g}$$

la quale quantità misurerà pure la totalita delle perdite dovute alle varie resistenze incontrate fra via; so dunque indichiamo con R la somma delle perdite sofferte, valutata ciascnna in altezza, sarà

$$H - \frac{V^2}{2g} = R$$

Per quanto poi si è detto di sopra R si comporrà delle resistenze dovute all'attrito, di qnelle dovute ai gomiti, e finalmente di quelle dovute alle strozzature e varici, essendo il condotto semplice. Siccome però in nn condotto ben costruito non devono esservi nè strozzatore nè varici, così supporremo che tale perdita non esista nel caso nostro, e allora sarà

$$R = a \frac{4L}{D} (v^2 + b\, v) + K\, v^2\, \Sigma\, n\, .\, cos^2\, i$$

e siccome per la legge del Castelli è

$$V = \frac{D^2}{m^2\, d^2}\, .\, v$$

così sostituendo nella superiore sarà

$$(1)\quad H - \frac{D^4}{m^4 d^4} . \frac{v^2}{2g} = a. \frac{4L}{D} \left\{ v^2 + bv \right\} + K.\ v^2\, \Sigma\ n.\ cos^2\, i;$$

essendo poi

$$(2)\qquad Q = \frac{1}{4}\, \pi\, D.^2\, v$$

ricavando da questa il v e sostituendolo superiormente, dopo fatte le riduzioni numeriche, si avrà

$$(3)\quad H - \frac{1,6212}{2g} \cdot \frac{Q^2}{m^4 d^4} = 6,4846 \cdot a \frac{L}{D^5} (Q^2 + 0,7854 \cdot b \cdot Q \cdot D^2)$$
$$+ 1,6212\ K. \frac{Q^2}{D^4}\ \Sigma\ n.\ cos^2\ i$$

206. Qualora si si accontenti di rappresentare la resistenza d'attrito mediante la formula data al § 187, allora l'equazione precedente si muterebbe nell'altra

$$(4)\qquad H - \frac{1,6212}{2g} \cdot \frac{Q^2}{m^4 d^4} = 6,4846\ \alpha \cdot \frac{L}{D^5}\ Q^2$$
$$+ 5,093\ \beta \cdot \frac{L}{D^3 \sqrt{D}}\ Q^2 + 1,6212\ K. \frac{Q^2}{D^4}\ \Sigma\ n\ cos^2\ i$$

Ponendo in questa per α, β e $2g$ i loro valori, ed ordinando rapporto a Q, si avrà facilmente la

$$(5)\qquad \left\{ L + 4,826. \frac{D^5}{m^4 d^4} + 11,64.\ \Sigma\ n.\ cos^2\ i \cdot D \right\} Q^2$$
$$+ 0,03048.\ L.\ D\sqrt{D}.\ Q = 583,82.\ H.\ D^5$$

Ora se L è molto grande e sienvi nel tubo pochi gomiti e tutti bene arrotondati, le due quantità

$$4,826. \frac{D^5}{m^4 d^4}\ ;\ 11,64\ \Sigma\ n\ cos^2\ i \cdot D$$

saranno molto piccole in confronto di L, e non si commetterà errore valutabile trascurandole; con ciò la precedente divisa per L dà

$$(6)\qquad Q^2 + 0,03048.\ D.\ \sqrt{D}.\ Q = 583,82 \frac{H.\ D^5}{L}$$

donde immediatamente

$$(7)\quad Q = 0,01524 \cdot D.\sqrt{D} \left\{ \sqrt{\left\{ 1 + \frac{583,84}{(0,01524)^2} \cdot \frac{HD^2}{L} \right\}} - 1 \right\}$$

207. Nè guari più difficile riesce lo stabilimento dell'equazione fondamentale in una diramazione qualunque. Per ciò indichiamo con h l'altezza piezometrica al punto del tubo donde si stacca la diramazione che si considera, cioè la differenza di livello fra la superficie libera dell'acqua nella conserva alimentatrice e il centro della bocca di entrata diminuita di tutte le resistenze sofferto dall'acqua prima di giungere al punto della diramazione, con u e con v la velocità dell'acqua nel tubo e nella diramazione; per quanto si è detto al § 202 si potrà fare astraziono da tutte le circostanze precedonti e considerare la diramazione come un tubo alimentato all'origine da una conserva in cui il livello dell'acqua sulla bocca di entrata sia alto sul suo centro della quantità

$$h - (1 - k^2)\frac{u^2}{2g} - 2.\frac{v^2}{2g}$$

Se supponiamo che la booca di offlusso sia modificata, e dicasi D il diametro della diramazione, md quello della bocca modificata di efflusso, L la lunghezza della diramazione, avvenendo l'offlusso nell'aria sarà

$$h - (1 - k^2)\frac{u^2}{2g} - 2\frac{v^2}{2g} - \frac{V^2}{2g} = a\frac{4L}{D}(v^2 + bv) + Kv^2 \Sigma n \cos^2 i$$

ossia

$$(8)\ h - (1 - k^2)\frac{u^2}{2g} = \left\{2 + \frac{D^4}{m^4 d^4}\right\} . \frac{v^2}{2g} + a . \frac{4L}{D}(v^2 + bv) + K v^2 \Sigma n . \cos^2 i$$

a quale non differisce da quella del paragrafo precedento che nel coefficiente di $\frac{v^2}{2g}$, e quindi si potrà trattare nel modo medesimo.

Se esprimiamo con ΣR le resistenze tutte incontrate dall'acqua dalla sua partenza dalla conserva alimentatrice fino al punto della diramazione, evidentemente è

$$h = H - \Sigma R$$

é posto

$$H - \Sigma R - (1 - k^2)\frac{u^2}{2g} = H_1$$

e sostituendo a v il suo valore dato per Q, avemmo dunque pel caso di una diramazione l'equazione

$$(9)\qquad H_1 = \frac{1,6212}{2g}\left\{\frac{2}{D^4} + \frac{1}{m^4\,d^4}\right\} Q^2$$

$$+ 6,4846.\,a\frac{L}{D^5}\left\{Q^2 + 0,7854.\,b.\,Q.\,D^2\right.$$

$$+ 1,6212\,K.\,\frac{Q^2}{D^4}\,\Sigma\, n.\,cos^2\, i$$

oppure la

$$(10)\ H_1 = 0,08266\left\{2 + \frac{D^4}{m^4\,d^4}\right\}\frac{Q^2}{D^4} + 0,001713.\frac{L}{D^5}Q^2$$

$$+ 0,00005221.\frac{L}{D^3\sqrt{D}}\,Q + 0,01994.\,\frac{Q^2}{D^4}\,\Sigma\, n.\,cos^2\, i\,.$$

208. Le resistenze sofferte dall'acqua nel suo movimento essendo molte e fortissime per poche diramazioni che vi abbiano, il carico che rimane attivo nelle ultime è così piccola cosa che ci obbligherebbe all'uso di diametri grandissimi, e le ultime diramazioni non riescirebbero tutte riempinte dall'acqua, locchè sarebbe contro alla condizione fondamentale.

Per schivare tale inconveniente è mestieri stabilire dei così detti punti principali di versamento ove si collocano delle casse di distribuzione alle quali viene condotta l'acqua, e dalle quali si diramano i tubi ordinati a condurre l'acqua stessa o in altre casse di distribuzione o ai veri punti di versamento, e si fà il minor numero possibile di diramazioni conciliabile col servigio e col dispendio occorrente. Nello stabilimento dei punti primarii di versamento si cerca poi di perdere il mono che ci può in carico, acciocchè ne rimanga di effettivo il maggiore possibile pel servigio dei tubi che vengono diramati da queste nuove conserve. Per ciò occorro risolvere il seguente

209. *Problema.* Quale diametro deve darsi ad un tubo di condotta ordinato a condur l'acqua da una data conserva ad una data cassa di distribuzione perchè la perdita in carico abbia un determinato valore?

Dovendo la perdita eguagliare la somma delle resistenze

provate dall'acqua, se diciamo p la perdita stabilita dovrà essere

$$(11)\ p = 0,001713.\frac{L.Q^2}{D^5} + 0,00005221.\frac{L.Q}{D^3\sqrt{D}} + 0,01994.\frac{Q^2}{D^4}\Sigma n.\cos^2 i$$

l'altezza poi corrispondente alla pressione dell'acqua nella cassa di distribuzione sarà $H - p$.

210. Nello stabilimento di un sistema di tubi l'incognita della questione è sempre il diametro da darsi ai varii tubi, e quindi interessa di vedere il modo con cui dobbiamo condurci in questa ricerca.

Essendo incognito il diametro del tubo non si può determinare la perdita prodotta dai gomiti; se non che, essendo essa generalmente piccola, cominciasi dal trascinarla in una prima approssimazione, e allora ordinando l'equazioni (4) o (10) dopo sostituiti i rispettivi valori numerici si potranno rispettivamente porre sotto l'aspetto

$$(12)\qquad D^5 - A.D\sqrt{D} - C = 0 \qquad \text{la (4)}$$

e

$$(13)\qquad D^5 - A.D\sqrt{D} - B.D - C = 0 \qquad \text{la (10)}.$$

Risolte coi soliti metodi queste equazioni numeriche si avrà un valore di D, il quale non sarà il giusto, ma siccome differirà poco dal vero così potrà servire a calcolare il valore di $\Sigma n.\cos^2 i$ e ad indicarci il valore dei coefficienti a e b della formula più approssimata con cui calcolare la massima delle resistenze che è quella dell'attrito. Sostituiti questi valori nelle formole (3) e (9) esse si ridurranno alla forma

$$(14)\qquad D^5 - A.D^2 - B.D - C = 0$$

la quale darà il cercato valore di D.

Analogo metodo si applicherà alla (11).

211. Attesa la piccolezza numerica dei coefficienti A, B, C, nonchè la piccolezza di D si potrà applicare alle precedenti equazioni il metodo seguente:

Si ponga $D = \sqrt[5]{C} + x$, e sostitnendo questo valore nelle superiori, sviluppando secondo x e tenendo conto sol-

tanto della prima potenza della x, il che è sufficiente nella pratica si avranno per D i seguenti valori:

$$(12)^1 \qquad D = \sqrt[5]{C}\left\{1 + \frac{2A}{10.\sqrt[10]{C^7} - 3A}\right\}$$

per la prima

$$(13)^1 \qquad D = \sqrt[5]{C}\left\{1 + \frac{2\left\{A\sqrt[10]{C} + B\right\}}{\left\{10\sqrt[10]{C^7} - 3A\right\}\sqrt[10]{C} - 2B}\right\}$$

per la seconda, e

$$(14)^1 \qquad D = \sqrt[5]{C}\left\{1 + \frac{A\sqrt[5]{C} + B}{\left\{5\sqrt[5]{C^3} - 2A\right\}\sqrt[5]{C} - B}\right\}$$

per la terza.

212. Pongo qui per norma della condotta del calcolo due esempi numerici.

Esempio 1°. Condotto semplice.

Da una conserva in cui il livello dell'acqua è elevato met. 10 sul punto di versamento si vogliono derivare 12 litri di acqua e condurli mediante un tubo cilindrico alla distanza di met. 528. Le circostanze del terreno, obbligano a costruire due gomiti, l'uno di 90° con raggio di 3 metri, l'altro di 58° con raggio di $2^m,84$. La bocca è modificata da un rubinetto cilindrico del diametro di $0^m,05$. Si domanda qual diametro si deve dare al tubo.

Nel caso attuale avremo

$H = 10^m$; $L = 528^m$; $Q = 0,012$; $d = 0,05$; $m = 0,81$.

Con questi dati, trascurando in una prima approssimazione la resistenza dei gomiti, l'equazione (4) darà

$$7,1676 = \frac{0,0001302}{D^5} + \frac{0,0003308}{D^3.\sqrt{D}}$$

da cui, liberando dalle frazioni e ordinando

$$D^5 - 0,00004615 . D . \sqrt{D} - 0,00001817 = 0.$$

Ponendo quindi

$$A = 0,00004615; \qquad C = 0,00001817$$

la $(12)^1$ darà

$$D = 0,1149.$$

Con questo valore di D ci faremo ora a calcolare le resistenze dovute ai gomiti.

Dalle formule del § 194 ovvero pel primo gomito

$\cos^2 i = 0,03791$ quindi $i = 78° 47'$ ed $n = 4$;

pel secondo

$\cos^2 i = 0{,}04003$ quindi $i = 78° \, 27'$ ed $n = 5$
quindi
pel primo $n \, . \cos^2 i = \underline{0{,}1516}$ e pel secondo $n \, . \cos^2 i = \underline{0{,}2001}$,
e quindi in totalità

$$\Sigma n \, . \cos i = 0{,}3517.$$

Per procedere al calcolo ulteriore del diametro adopreremo l'equazione (3) usando i coefficienti della tavola posta al § 186, pel chè sceglieremo i più prossimi, cioè quelli corrispondenti al diametro $\underline{0{,}13}$.

Coi dati superiori e con questi coefficienti l'equazione (3) diventa

$$7{,}1676 = \frac{0{,}0001413}{D^5} + \frac{0{,}0009058}{D^3} + \frac{0{,}00000101}{D^4}$$

e liberando dalle funzioni e ordinando

$$D^5 - 0{,}00012637 \, . \, D^2 - 0{,}00000014 \, . \, D - 0{,}00001971 = 0$$

sarà quindi

$$A = 0{,}00012637 \, ; \quad B = 0{,}00000014 \, ; \quad C = 0{,}00001971$$

e la $(14)^{\prime}$ darà

$$D = 0{,}1166.$$

Quindi concluderemo doversi a conto sicuro usare di un tubo del diametro di *dodici* centimetri.

213. *Esempio* 2°. Si progetta una distribuzione d'acqua di 290 litri; il sistema dei condotti col cui mezzo deve eseguirsi la distribuzione stessa, fra le altre sue parti, presenta un condotto principale, una diramazione da questo condotto, ed una seconda diramazione adattata alla prima. Le condizioni sono le seguenti:

1°. Il condotto primario è lungo 757^m e termina ad una cassa di distribuzione, donde partono altri tubi, pel servigio dei quali è mestieri che l'acqua dalla sua origine a questa cassa non perda in altezza che due metri soltanto. Questo condotto discende verticalmente da un castello di acqua, e a livello del terreno si curva in un gomito di 90°.

2°. La prima diramazione si stacca dal tubo primario a 190^m dalla sua origine in direzione perpendicolare allo stesso; move in linea diritta per 641^m terminando ad un punto depresso $8^m, 10$ sotto il livello dell'acqua nella conserva alimentatrice. Deve condurre 9 litri di acqua e versarli liberamente nell'aria mediante un rubinetto, o tubo cilindrico, del diametro di $0^m, 04$.

3°. La seconda diramazione si stacca dalla procedente a 201^m dalla sua origine, pure in direzione perpendicolare alla stessa, e move in linea diritta ad un punto di versamento che è depresso sotto il livello dell'acqua nella conserva met. 10,30. Essa è lunga met. 255, deve condurre 3 litri di acqna, e versarli per un tubo conico convergente sotto l'angolo di 4° e del diametro di $0^m,021$.

Si domandano i diametri D_1, D_2, D_3 del tubo primario, della prima e della seconda diramazione.

I°. Pel tnbo primario avremo

$$Q = 0,290\,; \quad L = 757: \quad p = 2$$

trascurando in una prima approssimazione la resistenza del gomito l'equazione (11) coi dati precodenti diventa

$$\frac{0,10906}{D^5} + \frac{0,01146}{D^3.\sqrt{D}} = 2$$

donde, ordinando rapporto a D

$$D^5 - 0,005731\,.\,D\sqrt{D} - 0,05453 = 0.$$

Paragonata colla (12) si avrà

$$A = 0,005731\,; \quad C = 0,05453$$

quindi la (12)' darà

$$D_1 = 0,5639.$$

Con questo valore di D_1, supponendo di dare al gomito il raggio di 2^m, delle equazioni del § 194 troveremo

$$cos^2 i = 0,23184\,; \quad i = 61°\ 14'; \quad n = 2.$$

Usando ora i coefficienti della tavola del § 186 corrispondenti al maggiore diametro, cioè

$$a = 0,00028659\,; \quad b = 0,09794$$

la (11), dove si usi la formula prima a rappresentare la resistenza d'attrito diventa, dopo ordinata rapporto a D,

$$D^5 - 0,01569\,.\,D^2 - 0,000389\,.\,D - 0,05916 = 0.$$

Paragonandola colla (14) si avrà

$$A = 0,01569\,; \quad B = 0,000389\,; \quad C = 0,05916$$

e quindi la (14)' darà

$$D_1 = 0,5869.$$

II°. Calcolato D_1 veniamo alla prima diramazione.

Dobbiamo in primo luogo calcolare tutte le perdite sofferte dall'acqua fino al punto dove si stacca la nostra diramazione. Queste perdite sono

(*a*) La perdita per l'attrito sulla lunghezza di 190^m del tubo primario essa è valutata in carico dalla

$$6,4846\, a \frac{L}{D^5} \left\{ Q^2 + 0,7854\, b\, Q\, .\, D^2 \right\}$$

prendendo per a i coefficienti corrispondenti al maggiore diametro, ed essendo

$$Q = 0,290\,; \quad L = 190\,; \quad D = 0,5869$$

avremo

Resistenza dovuta all'attrito $= 0^m,46576$

(*b*) La resistenza dovuta al gomito.

$$1,6212\, .\, K\, .\, \frac{Q^2}{D^4}\, \Sigma\, n\, .\, cos^2 i\, .\quad . \quad = 0^m,00656$$

(*c*) La resistenza dovuta al mutamento di direzione

$$\frac{16}{2g\ \pi^2} \cdot \frac{Q^2}{D^4} \quad .\ .\ .\ . \quad = 0^m,05862$$

$$\Sigma R = 0^m,53094$$

essendo $H = 8^m,10$ sarà

$H_1 = H - \Sigma R = 7^m,569$; $Q = 0,009$; $L = 641$; $d = 0,04$; $m^2 = 0,82$.

Con questi dati, mancando i gomiti, la (10) diventa

$$7,569 = \frac{0,00001339}{D^4} + 3,890 + \frac{0,00008894}{D^5} + \frac{0,0003012}{D^3 \sqrt{D}}$$

Ordinatala rapporto a D diventa

$$D^5 - 0,00008187\, .\, D\sqrt{D} - 0,000003639\, .\, D - 0,00002416 = 0$$

confrontata colla (13) avremo dalla (13)'

$$D_2 = 0^m,1231.$$

III°. Pel calcolo della seconda diramazione avremo

(*a*) Perdita per l'attrito, pel gomito e pel mutamento di direzione nel tubo primario . . . . $= 0^m,53094$

(*b*) Perdita per l'erogaziene nella prima diramazione

$$2\, .\, \frac{16\, .\, Q^2}{2g\pi^2\, D^4} \quad .\ .\ .\ . \quad = 0^m,05854$$

(*c*) Perdita dovuta all'attrito in questa diramazione sulla lunghezza di metri 201 . . . . $= 1^m,13630$

(*d*) Perdita dovuta al mutamento di direzione . . . . $= 0^m,56815$

$$\Sigma R = 2^m,29393$$

essendo $H = 10^m,30$ sarà

$H_1 = 8^m,006$; $Q = 0,003$; $L = 255^m$; $d = 0^m,021$ $m^2 = 0,90$
con ciò l'equazione (10), mancando i gomiti, ordinata rapporto a D diventa

$$D^5 - 0,00001217 \,.\, D\sqrt{D} - 0,0000004531 \,.\, D - 0,000001197 = 0$$

donde

$$D_3 = 0^m,066.$$

214. Prima di chiudere questa ricerca è mestieri osservare che in tutto il calcolo precedente si è ammesso che tubi sieno perfetti e che tali si conservino anche col tempo; ora non tutti i tubi, quali ci sono dati dalle fabbriche, possono considerarsi veramente perfetti, di più ai punti di congiungimento è impossibile schivare alcune asprezze o distacchi costituenti altrettante piccole strozzature o varici. In secondo luogo le acque le più limpide in apparenza trascinano sempre seco dei corpi stranieri, e principalmente delle molecole terree estremamente attenuate le quali si depositano in alcune parti del condotto restringendone la sezione e attenuando con ciò la portata; finalmente se i condotti presentano delle sinuosità nel piano verticale, l'aria che l'acqua trascina seco, si accumula nelle parti salienti producendovi delle dannose strozzatnre.

Al primo diffetto si può in parte rimediare con una opportuna scelta di tnbi, e avvertendo con somma cura nell'adagiarli sul luogo che i congiungimenti loro sieno perfetti; al secondo stabilendo nei punti più bassi dei rubinetti di scarico, che si apriranno di tratto in tratto, con che acquistando l'acqua scorrente pel tubo una grande velocità porterà seco e netterà via i depositi terrei che nel frattempo fossersi per avventura stabiliti nel condotto: al terzo evitando il più possibilmente i serpeggiamenti verticali, e ponendo nelle parti culminanti delle valvole o dei rubinetti ordinati a scaricare l'aria che quivi si accumula.

Siccome poi non è possibile lo sperare che gli accennati difetti vengano con ciò tolti del tutto, così si accostuma di fare il calcolo come se i tubi dovessero portare un quarto di più dell'acqua che sono ordinati a convogliare.

Ad assicurare poi il servigio sarà norma di prudenza il condurre l'acqua ai punti principali di versamento, almeno ai più importanti, piuttosto con due tubi che con uno soltanto, così si sarà assicurati che in qualunque evento non sarà mai per mancare l'acqua, se non nella sua totalità, almeno in parte.

Capo VI. — Della pressione dell'acqua sulle pareti dei condotti, dei piezometri e della grossezza da darsi ai tubi di condotta.

215. La pressione che l'acqua in moto per entro ad un condotto esercita sulle pareti del condotto medesimo è molto differente da quella che vi eserciterebbe se, chiudendo la bocca di efflusso, si arrestasse il movimento dell'acqua, e, ridotta questa tranquilla, premesse di tutto il suo peso sulle pareti medesime; cioè in altre parole la *pressione idrodinamica* sopra un punto qualunque delle pareti di un tubo è differente dalla *pressione idrostatica.* L'azione della forza movente si esercita parte nel vincere le resistenze che si oppongono al movimento dell'acqua, parte nel comunicare all'acqua stessa la velocità della quale è essa dotata, e parte nel premere sulle pareti del tubo entro cui l'acqua prende il suo corso. Valutando una tale azione in altezza si scorgerà facilmente che il carico totale sul punto che si considera, ossia la differenza di livello fra la superficie libera dell'acqua nella conserva alimentatrice e il detto punto, altezza di pressione idrostatica, eguaglia l'altezza perduta nelle resistenze incontrate dall'acqua dall'origine a quel punto aumentata dell'altezza cui è dovuta la velocità dell'acqua e dell'altezza cui è dovuta la pressione, altezza di pressione idrodinamica; se quindi indichiamo con h l'altezza di pressione idrostatica, con ΣR l'altezza rappresentante le resistenze provate dall'acqua, con v la velocità dell'acqua nel tubo, e con p l'altezza di pressione idrodinamica, sarà

$$h = \Sigma \mathrm{R} + \frac{v^2}{2g} + p$$

e quindi

$$(1) \qquad p = h - \Sigma \mathrm{R} - \frac{v^2}{2g}$$

Questo principio, dovuto originariamente al Bernoully, è comprovato interamente dalla esperienza.

216. Ciò premesso se in un punto qualunque della parete superiore di un condotto si pratichi un foro e vi si innesti un tubo verticale, l'acqua verrà spinta per entro a questo tubo e si solleverà tanto nello stesso da fare equilibrio col suo peso alla pressione esercitata sul punto medesimo, si innalzerà cioè di una quantità p. Un tale cannello si preste-

rebbe quindi opportunamente ad indicare la pressione sulla parete del tubo nel punto di innesto del cannello stesso, nonchè a misurarla. Un tale cannello per ciò si dice *piezometro*, da πιεσις pressione e μετρων misura, e serve ad avvertirci di tutti i mutamenti che possono accadere nel moto dell'acqua, come ora più dettagliatamente mi faccio ad esporre.

217. Sieno h ed h_1 le depressioni di due punti qualunque di un dato condotto al disotto del livello dell'acqua nella conserva; p e p_1 le altezze delle colonne piezometriche in due piezometri addattati ai punti medesimi; ΣR e ΣR_1 la somma delle resistenze dall'origine al primo e dall'origine al secondo punto, finalmente sia v la velocità dell'acqua nel tubo; sarà

$$p = h - \Sigma R - \frac{v^2}{2g}; \quad p_1 = h_1 - \Sigma R_1 - \frac{v^2}{2g}$$

da queste avremo

$$(a) \qquad h - p = \Sigma R + \frac{v^2}{2g}$$

cioè « la differenza di livello fra la superficie dell'acqua nella conserva e il vertice della colonna piezometrica in un punto qualunque d'un condotto esprime la perdita in carico sofferta dall'acqua aumentata dell'altezza cui è dovuta la velocità. »

Sottraendo l'una dall'altra si avrà

$$(b) \qquad \Sigma R_1 - \Sigma R = (p - p_1) + (h_1 - h)$$

cioè « la perdita in carico sofferta dell'acqua nel tratto compreso fra due punti qualunque di un condotto eguaglia la differenza di livello fra le sommità delle due colonne piezometriche corrispondenti ai due punti stessi, aumentata della differenza di livello fra i punti medesimi. »

Se il diametro del tubo avesse a variare allora varierebbe pure la velocità, e se diciamo v_1 la velocità nel secondo tubo sarebbe

$$p_1 = h_1 - \Sigma R_1 - \frac{v_1^2}{2g}$$

e quindi

$$\Sigma R_1 - \Sigma R = (p - p_1) + (h_1 - h) - \frac{1}{2g}(v_1^2 - v^2)$$

cioè « la perdita in carico fra un punto ed un altro di un condotto eguaglia la differenza delle colonne piezometriche

aumentata della differenza di livello fra i due punti, meno o più la differenza fra le due altezze cui sono dovute le due velocità secondo che la seconda delle dette velocità è maggiore o minore della prima. »

218. Immaginiamo ora che per una causa qualunque venga ad aumentarsi od a diminuirsi la portata del nostro condotto, come succederebbe ad es. quando l'efflusso essendo regolato da rubinetti, questi si aprissero più o meno; allora dalla (1) vedremo tosto che « se crescerà la portata, e quindi v, diminuirà p e inversamente, e ciò avrà luogo con legge costante, essendochè tanto ΣR quanto $\frac{v^2}{2g}$ sono funzioni della v e della portata. » Calcolando un'opportuna serie di valori di p corrispondenti alle differenti portate, potremo graduare un piezometro, opportunamente collocato, e dalla sua semplice ispezione vedere se il servigio è fatto a dovere.

Così pure se per una cagione qualunque avessero a variare le resistenze fra due piezometri, essendo

$$p - p_1 = \Sigma R_1 - \Sigma R - (h_1 - h)$$

varierebbe la differenza $p - p_1$ delle due colonne piezometriche, e da ciò potrassi arguire essere variate le resistenze fra quei due punti; dal che saremo avvertiti del luogo ove potesse per avventura essersi presentato un qualche incaglio al libero moto dell'acqua.

Risulta da ciò l'importanza dei detti piezometri pei servigi che possono rendere, e quindi la necessità di usare di questi semplici strumenti in un buon sistema di distribuzione delle acque; essi si dovranno collocare in quei luoghi ove più importa di regolare il normale servigio.

219. Perchè l'ingegnere trovi raccolte in un sol corpo tutte le questioni relative al movimento dell'acqua pei tubi, credo opportuno di trattare qui il problema della grossezza che devono avere i tubi medesimi perchè possano resistere alle pressioni esercitate dall'acqua sulle loro pareti, e perciò comincierò dal determinare quella forza che si esercita tangenzialmente in un anello circolare e che tende quindi a staccarne le parti, data che sia la forza che si esercita perpendicolarmente all'anello medesimo, ossia nella direzione del raggio.

Per ciò si consideri un poligono regolare qualunque ai cui vertici sieno applicate delle forze eguali P dirette secondo il prolungamento del raggio del cerchio circoscritto;

decomposta ciascuna di queste forze in due dirette secondo i lati del poligono, ciascuna esprimerà la tensione del lato corrispondente, e se diciamo X questa tensione, 2α l'angolo interno del poligono, l la lungezza del lato ed R il raggio del cerchio circoscritto sarà

$$X = P \frac{sen\ \alpha}{sen\ 2\alpha} = \frac{P}{2\cos \alpha}\ ;\ \cos \alpha = \frac{l}{2R}$$

e quindi

$$X = \frac{P \cdot R}{l}$$

se ora i lati del poligono sieno n sarà pure

$$X = \frac{n \cdot P \cdot R}{nl}$$

ma nP rappresenta la somma di tutte le forze, nl il perimetro del poligono; così esprimendo con F la somma di tutte le forze e con C il perimetro sarà

$$X = \frac{F \cdot R}{C}$$

In quest'ultima espressione non entrando nè la lunghezza nè il numero dei lati del poligono, si potrà essa estendere ad un numero qualunque di lati, e quindi sussisterà pure pel cerchio circoscritto, ma allora è $C = 2\pi R$, quindi pel cerchio sarà

$$X = \frac{F}{2\pi}$$

220. Ciò premesso, sia H l'altezza di pressione nel pnnto ehe si considera, e prendiamo dall' nna e dall' altra parte una piccola porzione $2l$ per cui H sensibilmente non varii.

La pressione esercitandosi normalmente alla superficie premuta, ciascun punto del tubo sarà premuto da forze dirette secondo il prolungamento dei raggi corrispondenti, e la pressione totale sopportata dall'anello di diametro D e di altezza $2l$ sarà espressa da

$$1000\ p\ D\ 2l.\ H$$

donde

$$X = 500\ D.\ 2l.\ H$$

Dicasi ora e la grossezza cercata che devono avere le pareti del tubo, e K il coefficente di resistenza alla rottura lo sforzo che la materia del tubo oppone ad essere separata lungo una generatrice sarà

$$2l \cdot e K$$

Siccome però è necessario che il tubo non si sformi, e si ritiene che il coefficente di resistenza alla rottura eguagli circa tre volte e mezza quello di resistenza alla deformazione, così lo sforzo con cui il tubo si oppone alla deformazione sarà

$$\frac{1}{3,5} 2l \cdot e K$$

Per la cercata stabilità dovrà dunque essere

$$\frac{1}{3,5} 2l \cdot e K > 500 \, D \cdot 2l \cdot H$$

ossia

$$e > 1750 \frac{D \cdot H}{K}$$

siccome però per ogni qualità di materia vi ha una grossessa a sotto alla quale non è permesso discendere, così si soddisfa all'una e all'altra condizione facendo

$$e = a + 1750 \cdot \frac{D \cdot H}{K}$$

Esprimendo H in atmosfere, detto n il numero delle atmosfere, sarà

$$n = \frac{H}{10,33}$$

e quindi

$$e = a + 18077,5 \cdot \frac{D \cdot n}{K}$$

221. Per maggiore comodità raccolgo qui i valori di e orrispondenti alle specie di materie più comunemente usati

pei tubi quali ci sono dati nel manuale di idrodinamica del Colombani

pei tubi di ferro fuso $e = 0{,}0085 + 0{,}00238 . n . D.$
» ferro battuto $e = 0{,}0030 + 0{,}00086 . n . D.$
» piombo $e = 0{,}0050 + 0{,}02420 . n . D.$
» legno $e = 0{,}0270 + 0{,}03230 . n . D.$
» pietra $e = 0{,}0300 + 0{,}00369 . n . D.$
» piet. artefatte $e = 0{,}0400 + 0{,}00538 . n . D.$

Finalmente per essère sicuri che il tubo resisterà pure alla percossa, o al colpo d'ariete che succede per l'estinsione subitanea della velocità al chiudersi dei rubinetti, nei tubi ordinari, in cui il carico non supera mai le due atmosfere, basterà prendere $n = 10$ (D'Abuisson, Traité d'hydraulique ecc., a pag. 252).

Capo VII. — Dei getti d'acqua e delle fontane.

222. Si immagini che un condotto qualunque metta capo ad una cassetta tutta chiusa mantenuta costantemente ripiena di acqua; se nelle pareti di questa cassetta vengono aperti dei fori, l'acqua zampillerà dai fori medesimi sotto forma di getto, e la sua velocità di proiezione sarà dovuta all'altezza piezometrica al punto ovo è aperto il foro, a quella altezza cioè che sarebbe misurata dalla colonna d'acqua in un piezometro applicato al foro medesimo. Se il foro è aperto in lastra sottile, una tale altezza misurerà anche l'altezza cui è dovuta la velocità di proiezione; se fosse munito di tubo addizionale, allora converrebbe moltiplicare questa altezza pel quadrato del coefficente della velocità che compete al tubo particolare usato.

223. Se il getto sia verticale, h l'altezza piezometrica ed n il coefficiente della velocità corrispondente al tubo applicato al foro, allora esso dovrebbe elevarsi ad una altezza $n^2 h$, e se il foro è circolare conformarsi in un conoide di rivoluzione il cui meridiano è un'iperbole del quinto ordine. La prima proposizione è evidente; la seconda è una immediata conseguenza della legge del Castelli.

Diciamo x la distanza di una sezione orizzontale del getto dal centro del foro di efflusso, y il raggio del cerchio di una tale sezione, r il raggio del foro, ed u e v le velocità dell'acqua nella suddetta sezione e nel foro; per la legge del Castelli sarà

$$m . d^2 . v = y^2 . u$$

ma è

$$v = n\sqrt{2gh}\,; \qquad u = \sqrt{2g\,(h - x)}$$

dunque sarà

$$mnd^2\sqrt{h} = y^2 \,.\, \sqrt{h - x}$$

donde

$$y^4 = \frac{m^2\, n^2\,.\, d^4.\, h}{h - x}$$

come si era accennato.

224. Parecchie cause operano conginntamente per alterare la forma del getto e per diminuirne l'altezza. La resistenza dell'aria, insensibile pei piccoli carichi inferiori per esempio ad un metro, crescendo proporzionatamente al quadrato della velocità, si fa di più in più grande a misura che il carico anmenta, riducendo con ciò di più in più l'altezza del getto. La presenza dell'aria è però ancora più nociva per qnanto stò ora per dire: l'aria si insinua per entro al getto, separa i varii filetti liquidi, interrompe la continuità della massa fluida, ed accelera con ciò la distruzione della sua forza ascenzionale. A queste cause di perdita si aggiunge l'ostacolo che la parte superiore della colonna rallentata nel suo moto, oppone alla libera ascesa della parte inferiore, cui devesi aggiungere la caduta delle molecole già salite che discendendo rallentano quelle che stanno per ascendere. Quest'ultima causa sarebbe ancor più nociva di quello il sia veramente senza l'allargamento della colonna fluida, di cui si è detto sopra, in virtù del qnale molte molecole vanno a cader lateralmente; però alcune ricadono ancora sulla colonna saliente e le tolgono il giungere a quell'altezza cui perverrebbe naturalmente. Qnest'ultimo fatto è reso evidente dall'osservare che inclinando alcun poco il getto esso si eleva ad nn'altezza maggiore.

225. L'esperienza sola può metterci in caso di stimare prossimativamente l'influenza di tutte queste cause riunite. Ora dalla stessa si ha:

1. La diminuzione d'altezza è sensibilmente proporzionale al quadrato dell'altezza medesima.

Se sia h l'altezza teorica, h_1 l'altezza effettiva, e μ un coefficiente numerico, sarà

$$h_1 = n^2 h - \mu\,.\, n^4 h^2$$

sensibilmente è $\mu = 0{,}01$.

Ecco una tavola, in cui sono registrate alcune esperienze di Mariotte ed una di Bossut, che mette il fatto in evidenza; in queste esperienze era $n = 1$.

Altezza		Diminuzione	Rapporti		μ
del carico h	del getto h_1	$h - h_1$	delle diminuzioni	dei quadrati del carico	
11,50	10,39	1,110	1,000	1,000	0,0084
11,35	10,30	1,056	0,951	0,974	0,0082
8,48	7,87	0,609	0,549	0,543	0,0085
7,93	7,42	0,515	0,464	0,476	0,0082
4,01	3,90	0,108	0,098	0,121	0,0068
1,79	1,75	0,034	0,031	0,024	0,0106
3,57	3,42	0,149	0,134	0,097	0,0117
				Medio . .	0,0089

2. I getti grossi si elevano ad un'altezza maggiore dei getti sottili, perchè, avendo essi massa maggiore, la resistenza dell'aria distrugge proporzionatamente meno di loro velocità, e l'aria stessa li suddivide assai meno.

3. Quando il foro sia molto piccolo, per es.: inferiore a 0,007 allora la diminuzione di altezza cresce in un rapporto minore di quello che competerebbe al quadrato del carico, mantenendosi però notabilmente maggiore di quella che ha luogo pei maggiori diametri.

226. Allorchè il foro o il tubo addizionale sia inclinato all'orizzonte, allora il getto descrive una curva che si avvicina tanto più ad una parabola quanto più diminuisce la velocità dell'efflusso, e quindi l'effettivo carico. La resistenza dell'aria diminuisce l'ampiezza e l'elevazione del getto, non però tanto perchè nei casi ordinarii della pratica, e per quella approssimazione ch'essi richiedono, l'errore proveniente dalla supposizione che la curva del getto sia una parabola conduca ad errore di conseguenza. Ammettendo questo e chiamando i l'angolo di inclinazione all'orizzonte del getto, h il carico effettivo, n il coefficente di riduzione della velocità che compete al tubo addizionale impiegato,

x l'ascissa orizzontale ed y l'ordinata, la curva del getto sarà data dall'equazione

$$y^2 = x \,.\, tang\; i - \frac{x^2}{4n^2\, h\, cos^2 i}$$

Quindi detta A l'ampiezza orizzontale, ed E la massima elevazione del getto sarà

$$A = 4\, n^2 h \,.\, sen\; i\; cos\; i\,; \qquad E = n^2 h \,.\, sen^2\, i$$

227. Il problema il più generale che si possa proporre intorno ai zampilli d'acqua è il seguente: « Sopra un punto determinato prodnrre un zampillo d'acqua di una data portata, e che abbia una elevazione ed un'altezza pur date: »

La questione si riduce ad assegnare l'angolo i d'inclinazione del getto; il numero n che determina la qualità del tubo addizionale da usarsi, e finalmente il diametro d della sua bocca di efflusso.

Dividendo le due superiori equazioni l'una per l'altra si avrà

$$tang \,.\, i = \frac{4E}{A}$$

da cui avremo i; poi l'una o l'altra delle superiori darà n, e quindi la tavola del numero 109 l'angolo di convergenza del tubo. Questa stessa tavola ci somministrerà il coeficiente m della portata, e allora sarà

$$Q = \frac{1}{4}\, m\, \pi\, d^2 \,.\, \sqrt{2gh}$$

donde

$$d = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi\, m \sqrt{2g\,h}}}$$

Se si trovasse n maggiore di *uno* o minore di 0,82 ciò vorrebbe dire che il problema è impossibile.

Per ciò tutto che s'attiene all'ornamento che i giardini, le piazze, i publici e privati edifizii potrebbero trarre dalla collocazione e forma dei zampilli di acqua, sarebbe estraneo alla natura di quest'opera l'occuparsene, e si potrà, volendo consultare per ciò le opere speciali fra cui ad es., il Bellidor *Architecture hydraulique, Tom. II, p. I.*

Capo VIII. — Di alcuni problemi misti, relativi all'efflusso a livello variabile dei recipienti mediante lunghi tubi di condotta.

228. Potendo succedere alcune volte che un recipiente si scarichi mediante un lungo tubo di condotta, oppure che due recipienti comunichino fra loro per un simile tubo credo non inutile trattare qui due casi, almeno per norma di condotta negli altri casi consimili.

229. *Problema* 1° Un recipiente prismatico e verticale riceve una quantità q di acqua al secondo, e si scarica contemporaneamente per un lungo tubo di condotta, determinare il tempo che impiegherà l'acqua in detto recipiente a sbassarsi di una determinata quantità.

Sia S la sezione orizzontale del recipiente, D il diametro del condotto ed L la sua lunghezza; la bocca di efflusso sia modificata e ne sia d il diametro ed m^2 il relativo coefficiente della velocità; originariamente il centro della bocca di efflusso sia depresso di h_0 sotto il livello dell' acqua nel recipiente.

Alla fine del tempo t sia x la depressione del centro del foro di efflusso sotto il livello dell'acqua nel recipiente, e sia v la velocità media dell'acqua scorrente pel tubo; dalla equazione (I) § 205 avremo

$$x - \frac{D^4}{m^4 d^4} \cdot \frac{v^2}{2g} = a \cdot \frac{4L}{D} v^2 + ab \cdot \frac{4L}{D} v + k \cdot \Sigma n \cos^2 i \cdot v^2$$

donde ponendo per brevità di scrittura

$$\frac{D^4}{m^4 d^4} \cdot \frac{1}{2g} + a \cdot \frac{4L}{D} + k \cdot \Sigma n \cdot \cos^2 i = A; \quad ab \cdot \frac{4L}{D} = B$$

sarà

$$x = Av^2 + Bv$$

e quindi

$$v = \frac{1}{2A} \left\{ \sqrt{B^2 + 4A \cdot x} - B \right\};$$

nel tempo dt si scaricherà dunque pel tubo una quantità di acqua espressa da

$$\frac{1}{4} \pi D^2 \cdot \frac{1}{2A} \left\{ \sqrt{B^2 + 4Ax} - B \right\} \cdot dt$$

e siccome contemporaneamente il recipiente riceve una quantità qdt di acqua, così, supponendo che ne riceva meno di quella che ne scarica, sarà

$$\frac{1}{4}\,\frac{\pi D^2}{2A}\left\{\sqrt{B^2+4Ax}-B\right\}dt-q\,.\,dt=-S\,.\,dx$$

ponendo

$$\alpha=1+\frac{8A}{\pi D^2 B}q\,;\qquad \beta=\frac{8A\,.\,S}{\pi D^2 B}$$

e separando le variabili sarà

$$dt=\frac{\beta\,.\,dx}{\alpha-\sqrt{\left\{1+\frac{4A}{B^2}x\right\}}}$$

da cui, integrando così che per $t=o$ riesca $x=h_0$, avremo

$$t=\frac{B\,.\,\beta}{2A}\left\{\sqrt{B^2+4A\,.\,h_0}-\sqrt{B^2+4A\,.\,x}\right\}$$

$$+\frac{B^2\,.\,\alpha\,.\,\beta}{2A}\,.\,log\,.\,\frac{\alpha\,.\,B-\sqrt{B^2+4A\,.\,h_0}}{\alpha\,B-\sqrt{B^2+4A\,.\,x}}$$

Evidentemente lo sbassamento si arresta quando x abbia raggiunto un valore h tale che sia

$$\sqrt{\left(1+\frac{4A}{B^2}h\right)}=\alpha$$

ma a raggiungere un tal limite occorre teoricamente un tempo infinito

Se sia $q=o$ allora è $\alpha=1$.

230. *Problema* 2° Due vasi prismatici comunicano fra loro per mezzo di un lungo tubo di condotta; l'acqua contenuta nel primo si versa per esso tubo nel secondo, e si domanda quale sarà l'altezza del livello dell'acqua nei due recipienti alla fine di un dato tempo.

Sia come precedentemente D il diametro del tubo ed L la sua lunghezza, supponendo la bocca di efflusso libera basterà porre $md=D$; sia S la sezione del primo vaso, S_1 quella del secondo, e sia p la differenza di livello fra il centro della bocca di entrata dell'acqua nel primo vaso e il centro della bocca di uscita nel secondo; finalmente x l'altezza del livello sul centro della bocca di entrata nel primo vaso ed y la stessa altezza sul centro della bocca di entrata

nel secondo; con x_0 e con y_0 indicheremo i loro valori all'origine.

Evidentemente il carico è

$$p + x - y$$

e quindi, come precedentemente, sarà

$$v = \frac{1}{2A} \cdot \left\{ \sqrt{\{B^2 + 4A(h + x - y)\}} - B \right\}$$

Ora mentre nel tempo dt esce dal primo vaso una quantità di acqua

$$\frac{1}{4} \pi D^2 . v . dt$$

altrettanta ne entra nel secondo e quindi ponendo per v il suo valore, avremo

$$\frac{1}{4} \frac{\pi D^2}{2A} \left\{ \sqrt{\{B^2 + 4A(h + x - y)\}} - B \right\} dt = - S . dx$$

$$\frac{1}{4} \frac{\pi D^2}{2A} \left\{ \sqrt{\{B^2 + 4A(h + x - y)\}} - B \right\} dt = S_1 . dy$$

donde

$$S dx + S_1 . dy = o$$

e quindi

$$Sx + S_1 . y = Sx_0 + S_1 . y_0$$

Ponendo poscia

$$x = - \frac{S_1}{S + S_1} \left\{ \frac{B^2}{4A} + h - \frac{Sx_0 + S_1 y_0}{S_1} \right\} + \frac{S_1}{4A(S \mp S_1)} . z^2$$

$$y = \frac{S}{S + S_1} \left\{ \frac{B^2}{4A} + h + \frac{Sx_0 + S_1 . y_0}{S} \right\} - \frac{S}{4A(S \mp S_1)} . z^2$$

si avrà per determinar z l'equazione

$$dt = \frac{4 . S . S_1}{\pi D^2 (S + S_1)} \cdot \frac{z . dz}{B - z}$$

che integrata così che per $t = o$ riesca $x = x_0$ $y = y_0$ ossia

$$z_0 = \sqrt{B^2 + 4A(h + x_0 - y_0)}$$

darà

$$t = \frac{4 . S S_1}{\pi D^2 (S + S_1)} \left\{ z_0 - z + B . \log. \frac{z_0 - B}{z - B} \right\}$$

da questa si avrà z, quindi dalle precedenti x ed y.

Il livello si farà eguale quando sia $z = B$, ma a raggiungerlo occorre teoricamente un tempo infinito.

LIBRO TERZO

Misuramento e teoria delle correnti.

Capo I. — Nozioni.

231. Dicesi *alveo* quella incavatura del terreno dentro la quale si raccolgono e prendon moto le acque che solcano il terreno medesimo, e che con un nome generico diconsi correnti e particolarmente poi rivi, torrenti, fiumi e canali.

La parte inferiore dell'alveo, cioè quella che in una sezione trasversale fatta nell'alveo ha le sue parti mediamente equidistanti dalla superficie, dicesi *fondo*; le parti laterali che servono a contener l'acqua ad una certa altezza diconsi *sponde* o *ripe*.

232. In ogni corrente le velocità delle fluide stille variano dal fondo alla superficie e dalle sponde verso il mezzo della corrente stessa. Avvi una linea, d'ordinario alla superficie libera e verso il mezzo della corrente, nella quale è massima la velocità dell'acqua; questa linea dicesi il *filone* della corrente; presso i forestieri la linea stessa dicesi il *talweg*.

233. Se si taglia la oorrente con un piano perpendicolare al filone, l'area della figura che ne nasce e che è chiusa fra la sezione fatta nel fondo, nelle ripe e nella superficie libera della corrente stessa, dicesi *sezione*; la parte del contorno di qnesta figura ohe è eostitnita dalla sezione praticata nel fondo e nelle sponde dicesi *perimetro bagnato.*

234. La differenza di livello di due punti del filone distanti di D, contata la distanza lnngo il filone stesso, dicesi *cadente* della oorrente per la distanza D.

Se nel tratto compreso fra due punti il filone s' inclina egualmente all'orizzonte, allora la cadente che corrisponde alla distanza *uno*, contata sempre qnesta distanza lungo il filone, dicesi *pendenza* della snperficie libera nel tronco medesimo.

Quest'nltimo caso succede generalmente in tronchi abbastanza estesi, e allora della C la cadente di quel tronco, corrispondente alla distanza D e p la pendenza della superficie libera nel tronco sarà

$$p = \frac{C}{D}$$

La C misurasi con accurata livellazione.

235. Dicesi *portata* di una corrente la qnantità di acqua che passa per una qualunque delle sue sezioni in nn minuto secondo sessageslmale di tempo medio.

Al variare dello stato dell'acqua di nna corrente varia eziandio la sua portata; quindi la portata di una corrente è sempre relativa ad uno stato d'acqua particolare, ed è meatieri sempre dl accennare quale è lo stato dell'acqua a cni si riferisce l'aceennata portata della corrente.

Portata integrale dl una corrente è la quantità totale che passa per una data sezione della corrente in un tempo determinato, ordinariamente ln un anno; *portata media* è qnella portata che, rimanendo costante per tntto il tempo che si considera, somministrerebbe per quella corrente la portata lntegrale che si ha effettivamente.

236. *Velocità media* in una qualunque sezione dicesi quella velocltà che se fosse comune a tutte le molecole liqnide che passano per la sezlone medesima si avrebbe la stessa portata che sl ha effettivamente. Quando parlando di una corrente sl accenna alla sua velocità senza più si intende sempre di parlare della sna velocità media.

Se S rappresenta l'area della sezlone, v la velocità media in quella sezione, e Q la portata della corrente sarà

$$Q = S \cdot v; \quad \text{e} \quad v = \frac{Q}{S}.$$

237. Nei fiumi le sezioni si misurano mediante opportuni scandagli, col oui mezzo si ottengono le varie profondità del letto a determinate distanze dalle sponde, e applicandovi poi le solite regole per le quadratnre. Eseguendo qulndi un disegno rappresentativo della detta sezione, e misurando in questo la lunghezza del contorno formato dal fondo e dalle sponde, si ottiene il perimetro bagnato. Ora dicendosi *larghezza* di una oorrente la sna larghezza in snperfiole, dicesi *altezza ragguagliata* quell'altezza che moltiplicata per la detta larghezza somministra la stessa sezione. Se quindi diciamo S l'area di una sezione di cui sia L la larghezza ed h l'altezza ragguagliata, sarà

$$h = \frac{S}{L}.$$

Nei grossi fiumi, nei qnali la larghezza è sempre molto grande in confronto della loro profondità, si può senza tema di grave errore prendere il perimetro bagnato eguale alla

loro larghezza, e la sezione espressa per mezzo di questa larghezza e dell'altezza ragguagliata, cioè porre

$$C = L; \quad \text{ed} \quad S = L \cdot h$$

238. Quando la corrente scorra entro alveo fatto dall'arte allora d'ordinario la forma della sezione è quella di un trapezio i cui lati non paralleli si inclinano egualmente all'orizzonte. Dicendo allora l la larghezza del fondo, h l'altezza dell'acqua sul fondo ed n la pendenza delle sponde, cioè la base che corrisponde all'altezza uno, sarà

$$C = l + 2h \cdot \sqrt{1 + n^2}; \quad S = (l + nh)\,h.$$

Se il canale avrà sezione rettangolare sarà $n = o$ e quindi

$$C = l + 2h; \quad S = l \cdot h.$$

Capo II. — Della scala delle velocità.

239. Gl'intoppi che incontra l'acqua scorrente dalle asperità del fondo e delle sponde ritardano inegualmente le fluide stille, chè quelle che scorrono aderenti al fondo ed alle sponde o assai vicino ne risentono tosto l'influenza, la quale scema elevandosi verso la superficie e discostandosi dalle sponde; il perchè la velocità della corrente è appunto, generalmente, massima in superficie verso il mezzo della corrente stessa. Soltanto là dove il corso dell'acqua è lentissimo, ed è minima la pendenza, la massima velocità si trova alcun poco più bassa della suprema superficie.

Sarebbe questione di qualche interesse pratico il trovare come si comparta il totale effetto delle resistenze del fondo e delle sponde; e quindi con qual legge degradi la velocità dalla superficie al fondo e dal filone alle sponde, e qual luogo tenga la velocità media fra le diverse che appartengono ai varii punti d'una stessa sezione. Infatti se ci fosse dato di scoprire questa legge basterebbe misurare la velocità di una corrente in uno qualunque dei suoi punti per dedurre la velocità in un altro punto qualunque della stessa sezione nonchè la velocità media, donde si avrebbe tosto la portata, che è in fondo il problema che importa risolvere.

A quella legge, se esistesse e ci fosse dato trovarla, che esprime la variazione della velocità da punto a punto d'una stessa sezione si diede il nome di *scala delle velocità*.

240. Varii tentativi vennero fatti all'uopo di poter trovare questa legge, fra i quali meritano maggior peso quelli di Brünnings sul Reno e di Raucourt sulla Neva; ma i risul-

tamenti delle osservazioni presentano tali forti anomalie, e fatti così contradditori che non è possibile ricavare dalle medesime legge alcuna la quale possa essere applicata con sufficiente sicurezza non dirò generalmente sopra tutte le correnti ma anche solo sopra una determinata corrente. La sola conseguenza che si possa trarre da tutte le osservazioni conosciute si è che la velocità dell'acqua va diminuendo a mano a mano che dalla superficie si discende verso il fondo, dapprima lentamente, poi di più in più fino a che la diminuzione si fa massima al fondo, conservandosi però tuttavia maggiore della metà di quella che ha luogo alla superficie libera.

241. Abbandonata l'idea di poter scoprire una legge donde da quella di un punto arguire la velocità dell'acqua in un altro punto qualunque di una stessa sezione, si è tentato di poter rappresentare, almeno con sufficiente approssimazione, la velocità media in funzione della velocità del filone, la quale ultima è la più comoda a misurarsi. Ma qui pure i tentativi non riuscirono ad esito molto fortunato, però si poterono assegnare alcune regole empiriche le quali possono pure servire in qualche caso della pratica, almeno quando non abbisogni una grande appprossimazione.

Lasciando la vecchia regola che la velocità media sia la media aritmetica fra la velocità superficiale del filone e quella del fondo, e che le velocità in superficie nel filone la velocità media e quella al fondo stieno fra loro come i numeri 5:4:3, perchè troppo discosta generalmente dal vero, ricorderò solo la formola data da Prony, secondo cui sarebbe

$$(I) \qquad v = V \frac{V + 2,372}{V + 3,153}$$

dove v rappresenta la velocità media e V la velocità superficiale nel filone.

Già fino dalla prima edizione di questo trattato, conservando la stessa forma, io aveva mostrato stringersi maggiormente al fatto la formula seguente

$$(II) \qquad V = V \, . \, \frac{V + 0,059}{V + 0,150} \, .$$

Se però noi prendiamo il medio risultamento di molte esperienze istituite da varii osservatori in grossi fiumi pare avvicinarsi maggiormente al vero la formola

$$(III) \qquad v = 0,924 \, . \, V$$

alla quale io consiglierei di attenersi, però sempre con molta circospezione e prudenza.

242. Perchè si possa giudicare dell'esattezza delle formole ora suggerite pongo qui una tavola di confronto tratta dall'idrometria del prof. Sereni, e che racchiude molte esperienze istituite principalmente in Germania ed in Olanda.

FIUME	Velocità osservata		Velocità calcolata colla formola			Errore proporzionale della		
	nel filone	media	I	II	III	I	II	III
Vaal	0,670	0,627	0,533	0,596	0,619	∓ 0,094	+ 0,036	+ 0,008
Id.	0,708	0,664	0,565	0,633	0,654	0,099	+ 0,036	+ 0,010
Basso Reno . .	0,874	0,779	0,704	0,796	0,807	0,075	— 0,017	— 0,028
Id. Id. . .	1,001	0,926	0,813	0,922	0,925	0,113	+ 0,004	+ 0,001
Arno	1,004	0,923	0,815	0,925	0,927	0,108	— 0,002	— 0,004
Vaal	1,025	0,938	0,833	0,946	0,945	0,105	— 0,008	— 0,007
Alto Reno . . .	1,097	1,058	0,895	1,017	1,013	0,163	+ 0,041	+ 0,045
Vaal	1,184	1,068	0,971	1,103	1,094	0,097	— 0,035	— 0,026
Id.	1,226	1,131	1,008	1,145	1,133	0,123	— 0,014	— 0,002
Issel	1,263	1,218	1,039	1,182	1,167	0,179	+ 0,036	+ 0,051
Id.	1,289	1,243	1,062	1,207	1,190	0,181	+ 0,036	+ 0,053
Basso Reno . .	1,307	1,259	1,078	1,225	1,208	0,181	+ 0,034	+ 0,051
Alto Reno . . .	1,307	1,220	1,078	1,225	1,208	0,142	— 0,005	+ 0,013
Basso Reno . .	1,379	1,320	1,141	1,297	1,274	0,179	+ 0,023	+ 0,046
Id. Id. . .	1,397	1,286	1,157	1,314	1,290	0,129	— 0,028	— 0,004
Id. Id. . .	1,416	1,361	1,174	1,334	1,308	0,187	+ 0,027	+ 0,053
Id. Id. . .	1,433	1,369	1,189	1,351	1,324	0,180	+ 0,018	+ 0,045
Alto Reno . . .	1,467	1,332	1,219	1,384	1,355	0,113	— 0,052	— 0,023
Basso Reno . .	1,484	1,341	1,234	1,401	1,371	0,107	— 0,060	— 0,030

Esaminando la tavola precedente si scorge che la formola suggerita dal Prony, col dare l'errore sempre nel medesimo senso, ci si dimostra essere assai poco probabile, o almeno

assai meno probabile delle altre due che somministrano invece pressochè un egual numero d'errori tanto in un senso quanto nell'altro.

Valutando l'errore medio delle due ultime formole, cioè la radice della somma dei quadrati degli errori divisa pel numero delle osservazioni, si ha

error medio della formula II $= \pm$ 0,0312
» III $= \pm$ 0,0327

donde si scorge che presso a poco ambidue presentano eguale probabilità di errore, però la II meno della III.

Capo III. — Della misura diretta delle velocità, e in primo luogo dei galleggianti.

243. *Tachimetri* diconsi quegli strumenti che sono ordinati a misurare la velocità delle acque correnti. Essi possono partirsi in due classi distinte, cioè nei *galleggianti* e nei *tachimetri fissi.*

Fra i vari tachimetri suggeriti noi ci limiteremo a considerare soltanto quelli che l'esperienza ha dimostrato potersi adoperare con fondata speranza di buoni risultamenti; chi amasse una, anche soverchiamente, dettagliata descrizione dei vari tachimetri usati potrà ricorrere ad una estesissima memoria del Masetti inserita dal Cardinali nella edizione di Bologna della raccolta dei vari autori che trattano del moto delle acque.

244. I galleggianti più usitati si riducono a due, il *galleggiante semplice* e l'*asta ritrometrica*; col primo si esperimenta la velocità nel filone, col secondo la velocità media.

Dei tachimetri fissi i più sicuri sono a mio avviso il *tubo di Pitot* e il *reometro o mulinello del Woltmann.*

Dirò in questo capo dei galleggianti, tratterò dei tachimetri fissi nel seguente

245. *Galleggiante semplice.* Formasi il galleggiante semplice con un piccolo corpo specificamente più leggero dell'acqua, il quale gettato in una corrente vi galleggi e possa essere seguito dall'occhio di un osservatore durante tutto il suo corso.

Serve opportunamente ad uso di galleggiante una palla cava d'ottone del diametro di cinque o sei centimetri, munita da un foro chiuso da capocchia, e pel quale s'introdurranno dei pallini di piombo così chè messa la palla nell'acqua riesca tutta sommersa, e non sopravvanzi all'acqua che

la sola capocchia, la quale può facilmente scorgersi della ripa sulla superficie dell'acqua.

Si può anche comodamente usare di un pezzo di tronco d'albero del diametro di sette in otto centimetri, e tagliato alla grossezza di due in tre centimetri, al quale inferiormente e nel centro si conficca un chiodo che col suo peso tende ad approfondarlo e serve a tenerlo più facilmente nel filone.

246. Gettato il galleggiante nella corrente in breve acquisterà la velocità della corrente e si muoverà di conserva colla stessa, imperocchè mentre ha velocità minore sarà accelerato dal fluido che lo investe, e che cessa allora solo di urtarlo quando siensi fatte eguali le due velocità. Basterà dunque osservare la velocità di cui è dotato il galleggiante per aver la velocità della corrente lungo la linea percorsa dal galleggiante medesimo.

247. Il galleggiante deve seppellirsi pressochè tutto nell'acqua, imperocchè se ne sporgesse notabilmente la parte eminente verrebbe influenzata dalla resistenza dell'aria, che, quand'anche avesse a riescire piccola in aria tranquilla, potrebbe farsi assai valutabile posto che avesse a soffiar vento.

Deve di più la pendenza della corrente essere assai piccola, imperocchè altrimenti la componente della gravità parallela alla superficie della corrente accelererebbe il moto del galleggiante; la sua velocità, per la resistenza del mezzo, si farebbe sì costante, ma maggiore di quella della corrente.

248. I galleggianti dopo lieve corso si riducono nel filone del fiume, ed ivi solo concepiscono la velocità della corrente; imperocchè immerso un corpo in una corrente, fuori del filone, le particelle d'acqua che lo investono non hanno tutte eguale velocità, correndo le più vicine al filone più velocemente delle altre. La spinta sarà quindi eccentrica e il galleggiante concepirà due moti, l'uno progressivo e l'altro rotatorio interno al suo centro di gravità, avvanzandosi nel fluido il termine più vicino al filone e ritraendosi indietro il termine opposto. Ma nel voltarsi così è facile il vedere che esso urterà obliquamente il fluido anteriore, la cui resistenza dovrà perciò respingerlo continuamente verso il filone, nè cesserà fino a che non ve lo abbia condotto interamente.

Sarà dunque mestieri di porre direttamente da principio il galleggiante nel filone, dove concepirà ben presto la velocità della corrente nel filone medesimo.

249. Per usare del galleggiante si sceglierà nn tronco della corrente dei più regolari per la lnnghezza almeno di nn centinaio di metri, e questo perchè il moto sia il più possibilmente uniforme. Misurata lungo la sponda nna lunghezza almeno di 60 metri si stenderanno ai due capi, attraverso all'alveo e perpendicolarmente al filone, dne funicelle, fissandole alle sponde. Ciò fatto si farà gettare il galleggiante nel filone un sei in sette metri a monte della prima funicella, e con nn orologio a secondi si noterà il tempo in oui passa al di sotto della stessa; poi si andrà lnngo la ripa seguendo coll'occhio il galleggiante per vedere se esso si mantiene nel filone, o se avesse mai a soffrire alcnna deviazione dalla sua direzione normale. Ginnto il galleggiante alla seoonda funicolla si noterà nuovamente il tempo segnato dall'orologio, e divisa la distanza delle due funicelle per la differenza dei tempi, ridotta in secondi, si avrà la velocità richiesta.

Si ripeteranno le osservazioni almeno dieci volte, e si prenderà la media delle velocità osservate.

Se mai nel suo corso il galleggiante nscisse dal filone allora quella esperienza dovrà rigettarsi.

250. *Asta vitrometrica.* Immersa in nna oorrente un'asta diritta di tal peso specifico da galleggiare nell'acqua stessa e così accomodata che il suo centro di gravità sia il più possibilmente vicino ad una delle sne estremità, essa si disporrà nella corrente presso che verticalmonte, e, urtata dalle fluide stille che la investono, concepirà nn moto uniforme, la cui velocità potrà misurarsi, come nel galleggiante semplice, dividendo lo spazio percorso dall' asta pel tempo impiegato a percorrerlo.

251. Ammettendo che l'urto sopra ciascun elemento dell'asta sia proporzionale alla semplice velocità relativa, locchè è sensibilmente vero quando la velocità relativa è, come nel caso attuale, assai piccola, se diciamo u la velocità dell'asta, v_x la velocità della corrente ad una profondità x sotto la superficie, l la lunghezza della parte dell'asta immersa, ed a il suo diamotro; supposta cilindrica l'asta, l' nrto sull'elemento dx sarà

$$k\,a^2\,(v_x - u)\,.\,d\,x$$

e quindi la somma degli urti

$$k\,a^2 \int_0^l .\,v_x\,d\,x - k\,a^2\,.\,u\,.\,l\,;$$

se ora l'asta cammina di moto uniforme, dovendo la forza acceleratrice esser nulla, sarà

$$u = \frac{\int_o^l v_x \, . \, d\, x}{l}$$

cioè « la velocità dell'asta sarà media aritmetica fra le velocità possedute dagli strati acqnei nei quali trovasi immersa. »

252. Occorrendo che l'asta sopravvanzi alcun poco alla superficie libera ed arrivi dall'altro lato pressochè al fondo, così, per accomodarsi alle varie profondità, snolsi costruire l'asta nel modo seguente: si prendono varii pezzi cilindrici di legno, del diametro di tre in quattro centimetri e lunghi dai tre ai qnattro decimetri, così accomodati da potersi congiungere l'un l'altro per modo da costituire un'asta diritta di quella lnnghezza che pnò abbisognare. L'ultimo pezzo formante l'estremità inferiore invece che di legno formasi in una scattola di ferro bianco dell'egnale diamotro dell'asta entro cui pongonsi dei pallini di piombo tanti quanti occorrono per dare all'asta il peso necessario perchè resti tntta sommersa nella corrente. Il primo pezzo superiore porta infissa un'ancoretta di filo di ferro con cui l'asta si attacca ad una funicella che, come vodremo, tendesi attraverso la corrente al termine di qnel tronco sul quale si fa l'esperimento.

Misurata la profondità della corrento nella linea longitudinale che deve percorrere l'asta, si uniscono tanti pezzi quanti sono nocessarii perchè l'asta arrivi il più possibilmente vicina al fondo, senza però mai toccarlo, e poi nella scatola di lata si versano tanti pallini quanti sono richiesti a tener l'asta sommersa, e così l'asta sarà presta al voluto esperimento.

253. Per misurare la velocità media d'una corrente operasi poi nella seguente maniera: si sceglie uno dei tronchi i più regolari dove le sponde sieno sensibilmente parallele, e misurata lungo la sponda una lunghezza di 60 in 70 metri si tendono attraverso alla corrente e perpendicolarmente al filone due funicelle divise di metro in metro, a partir della ripa, con cappii od altro segno qualunque. Di queste due funicelle la superioro tiensi tanto elevata sul pelo della corrente da permettere all'asta di passarvi sotto liberamente, quella a valle si tende a livello della corrente perchè l'asta nell'attraversarla vi si attacchi mediante l'ancoretta di cui va munita la parte suporiore dell'asta medesima.

Con opportuni scandagli si rileverà il profilo delle due

sezioni estreme uonchè di una sezione intermedia, dai quali profili si avranuo le profondità del fiume alle varie distanze dalle ripe, e quindi le lunghezze che occorrerà dare all'asta uei varii esperimenti.

Finalmente si fissa il numero delle linee longitudinali che si vogliono far percorrere all'asta, e approssimativamente le scambievoli loro distanze, per poter regolare e le luughezze dell'asta e le gittate.

Ciò fatto si consegna l'asta ad uu assistente il quale, montato in una barca, getta l'asta nel fiume a quella distauza dalla ripa che è stabilita e ad un sei in sette metri superiormente alla prima funicella; questo assistente nota poi la distanza dalla ripa che ha l'asta quando passa sotto la stessa funicella, mentre l'ingegnere sulla sponda nota il tempo di questo passaggio. Giunta l'asta all'estremità opposta del suo corso viene raccolta da un secondo assistente il quale uota la distanza dalla ripa segnata dal punto della funicella a cui l'asta si attacca, e l'ingeguere nota il tempo in cui l'asta giunge sotto la funicella stessa. Così si opera per ogni sezione longitudinale che si vuole esperimentare.

254. Essendo che le liuee percorse dall'asta non sono mai molto oblique all'asse del fiume, così si preude la media distauza dalla ripa dei due punti di entrata e di uscita come la distanza della linea percorsa dall'asta, e la distanza delle due fuuicelle come la lunghezza della liuea medesima. Con ciò dividendo lo spazio percorso pel tempo si ha la velocità dell'asta nelle varie sezioni lougitudinali, e prendendo la media di queste velocità si ha la velocità media della corrente iu quel tronco, che, moltiplicata per la media delle tre sezioni misurate, darà la portata della corrente medesima.

Il metodo tende però a dare risultamenti alcun poco maggiori del giusto, perchè non è possibile di condur l'asta fino al fondo, e quindi si trascurano le velocità al foudo che sono le minime. Quale influenza possa aver questo sul risultamento finale sarebbe assai malagevole il precisare, però l'approssimazione data dall'uso di un tale strumeuto ritiensi sufficiente, almeno pei grossi fiumi, nei quali suolsi di preferenza usare.

Capo IV. — Continua la misura diretta della velocità. Tubo di Pitot e reometro o mulinello di Woltmann.

255. *Tubo di Pitot* quale venne proposto dal suo inventore consta il tubo di Pitot di due tubi appaiati di cristallo,

l'uno diritto, l'altro curvo alla parte inferiore ed all'altezza del termine inferiore dell'altro. La parte ricurva muove perpendicolarmente all'altra ed è assai breve.

Immerso lo strumento nella corrente così che i due tubi riescano verticali e che la parte curva orizzontale sia diretta verso la corrente, fermasi mediante opportuna armatura a quella altezza per cui il centro del ramo ricurvo sia nello strato di cui vuolsi misurare la velocità, e si osserva l'altezza delle due colonne liquide nei due tubi; presa la differenza di queste altezze essa esprimerà l'altezza cui è dovuta la velocità posseduta dall'acqua in quello strato in cui trovasi il centro della canna ricurva.

Infatti nel tubo diritto l'acqua si alzerà a quella altezza che misura la semplice pressione del fluido soprastante, e nel tubo ricurvo a quell'altezza che misura e questa stessa pressione e di più l'urto dell'acqua contro la faccia del tubo che opponesi direttamente alla corrente. La differenza delle due altezze misurerà dunque questo urto, e siccome l'altezza della colonna che misura l'urto è uguale all'altezza cui è dovuta la velocità, così una tale differenza misurerà appunto l'altezza cui è dovuta la velocità cercata.

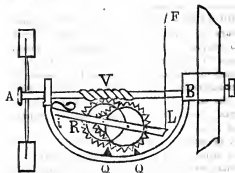
256. In seguito si abbandonò l'uso del tubo diritto, e invece si dirige prima il ramo orizzontale contro la corrente e poi dalla parte opposta, e si prende la differenza delle due altezze alle quali si porta l'acqua nelle due posizioni del tubo.

Per osservare più comodamente l'altezza dell'acqua torna bene di introdurvi per di sopra un galleggiante che porti infissa una verga sottile minutamente divisa in parti eguali, e che sporga bene diritta fuori del tubo.

257. È dubbio che l'eccesso d'altezza dell'acqua nel tubo sopra quella della corrente eguagli l'altezza cui è dovuta la velocità della corrente stessa. La pressione non è eguale per tutti i punti della bocca del tubo opposta alla corrente, ma maggiore nei punti situati verso il mezzo, minore presso gli orli con degradazione sensibilissima. Tadini usava di chiudere la bocca con una piastrina nella quale apriva nel centro un piccolo foro; con ciò riescono anche notabilmente attenuate le oscillazioni dell'acqua nel tubo, le quali recano non poca incertezza nella stima dell'altezza. Malet termina la parte orizzontale in un tronco di cono, la cui apertura al vertice è di due soli millimetri, essendo di quattro centimetri circa il diametro del tubo; ma allora è mestieri di moltiplicare l'altezza osservata per un opportuno coefficiente ch

non può essere determinato che da accurate esperienze preliminari. Nel dubbio crederei preferibile il metodo del Tadini.

Nei grandi fiumi riesce difficilissimo poter fissare saldamente il tubo, massime nelle immersioni profonde; nei piccoli la differenza d'altezza delle due colonne è troppo piccola perchè gli errori di osservazione non esercitino un'influenza soverchia sul risultamento finale.

258. Quando si voglia usare questo strumento si esperimenta la velocità a varie profondità in una stessa verticale e quindi la velocità in varie verticali, e di tutte le velocità osservate si prende la media.

259. *Reometro* o *mulinello di Woltmann*. All'albero AB girevole sopra due perni sta infisso un volante guernito di duo o quattro piccole ale o palmette rettangolari inclinate alla direzione dell'albero sotto un angolo di circa 45°. L'albero è munito di una vite perpetua V, colla quale, mentre esso si rivolge, fa girar una ruota dentata R fornita d'ordinario di 50 denti e munita di rocchetto con cui fa girare una seconda ruota dentata pure di 50 denti, il rocchetto avendone 5; cosicchè ad ogni giro del volante e dell'albero viene spinto avanti nn dente della ruota, e ad ogni 50 giri dell'albero si volgono 5 denti della seconda ruota, e così si possono contare fino a cinquecento giri del volante.

L'asse iL che porta le ruote dentate, attaccasi in i al telaio dello strumento dove è premuto da una molla così che, a stato ordinario, i denti della rnota R non ingranano nella vite perpetua, ed all' opposta estremità L è sostenuto da una funicella LF che scorre lungo l'antenna che sostien le strumento e sporge pel suo capo F fuori dell'acqua. Col tirare la funicella si solleva l'asse iL e si porta il dente

della ruota a contatto colla vite, mentre che coll'allentarla l'asse premuto dalla molla si sbassa ed il dente abbandona la vite e la ruota si ferma. Due punteruoli *QQ* servono ad indicare i denti della ruota che sono trascorsi.

Una staffa munita di opportuna vite di pressione fissa lo strumento all'antenna a quella profondità che si desidera.

260. Ecco poi come si adopera il reometro.

Stabilita la profondità dello strato ove si vuol misurare la velocità, e piantata nel fondo del canale l'antenna, si fa scorrere la staffa che porta lo strumento tanto che l'albero *AB* si trovi a mezzo dello strato predetto e parallelo alla direzione della corrente. La corrente urtando obliquamente le palmette del volante lo fa girare, e lasciato correre un po' di tempo, il volante avrà concepita quella velocità che può imprimergli la corrente stessa, e allora tirasi la funicella che porta la ruota ad incontrare la vite. Si tiene così tirata la funicella fino a che sia scorso un certo tempo t di uno o due minuti, e poi allentata la fune e tirata la staffa all'insù perchè la macchina venga fuori dell'acqua, si legge nel roteggio il numero dei giri fatti dal volante in quel tempo, donde si raccoglie la velocità della corrente che lo ha investito nella maniera che tosto vedremo.

Replicando lo sperimento tanto volte quante l'altezza del volante misura l'altezza della perpendicolare, coll'andar profondando ad eguali intervalli l'albero *AB*, è manifesto che si avrà successivamente la velocità di altrettanti strati acquei sempre più profondi, che costituiscono quella perpendicolare. Rinnovando l'esperimento per tante perpendicolari separate fra loro dal diametro del volante quante ne capiscono nella corrente proposta si avrà infine la velocità media cercata, che moltiplicata per la sezione, somministra la portata.

261. Ciò premesso, ecco come la velocità della corrente si lega a quella del volante.

Diciamo V la velocità della corrente nello strato che investe il volante, v quella del volante, r la distanza dall'asse del centro delle palmette, n il numero dei giri fatti dal volante nel tempo t ed α l'angolo di cui le palmette si inclinano all'asse. Consideriamo una delle quattro palmette, essa è investita dalla corrente in direzione parallela all'albero con velocità V, e nel tempo stesso la palmetta gli sfugge davanti in direzione perpendicolare all'albero con velocità v; la velocità relativa perpendicolarmente al piano della palmetta sarà dunque

$$V . sen\, \alpha - v . cos\, \alpha$$

e quindi l'intensità dell'urto sarà

$$k A \, (V \, . \, sen \, \alpha - v \, . \, cos \, \alpha)^2$$

essendo K un coefficiente numerico, ed A la somma delle aree delle palmette. La componente della forza movente perpendicolarmente all'albero sarà dunque

$$k A \, (V . \, sen \, \alpha - v \, . \, cos \, \alpha)^2 \, . \, cos \, \alpha$$

e quindi, detto Q il momento delle resistenze, pel moto equabile sarà

$$k A \left\{ V \, . \, sen \, \alpha - v \, . \, cos \, \alpha \right\}^2 . \, r \, . \, cos \, \alpha = Q$$

da cui

$$V = v \, . \, cot \, . \, \alpha + \frac{1}{sen \, \alpha} \sqrt{\frac{Q}{k \, Ar . \, cos \, \alpha}}$$

essendo poi

$$v = 2 \, p \, r . \frac{n}{t} ,$$

indicando con a e b due costanti inerenti allo strumento, sarà

$$V = a \, . \, \frac{n}{t} + b$$

262. Le costanti a e b potrebbersi invero calcolare dalla conosciuta forma dello strumento, ma siccome così non riuscirebbero esattamente determinate, metterà conto di ricavarle con dirette esperienze. A quest'uopo collocato lo strumento in acqua stagnante si tiri con velocità nota e costante per un lungo tratto rettilineo misurato con esattezza, replicando la prova molte volte e variando ogni volta di velocità. La velocità con cui si muove il reometro sarà misurata dividendo la lunghezza del tratto percorso pel tempo che si mette a percorrerlo. Si conterà poi ogni volta il numero dei giri fatti dal volante nel tempo stesso, e, perchè torna il medesimo o il reometro cammini con velocità V o il reometro sia fermo e l'acqua lo percota con velocità V, avremo nella formola superiore note ogni volta le quantità V, n e t, e quindi tante equazioni quante sono le prove fatte con cui poter assegnare il valore delle due costanti a e b, valore che determinato una volta, non varierà in seguito se si terrà lo strumento colla dovuta diligenza.

Avendo più equazioni che incognite, si procederà usando del metodo dei minimi quadrati, il quale conduce alle formule che qui trascrivo per comodità di chi avesse ad usarne.

Ponendo

$$\Sigma V = V_1 + V_2 \pm V_3 + - + V_m$$

$$\Sigma \frac{n}{t} = \frac{n_1}{t_1} + \frac{n_2}{t_2} + - - + \frac{n_m}{t_m}$$

$$\Sigma . V . \frac{n}{t} = V_1 \frac{n_1}{t_1} + V_2 . \frac{n_2}{t_2} + - + V_m . \frac{n_m}{t_m} \qquad \text{ecc.}$$

$$\Sigma \frac{n^2}{t^2} = \frac{n_1{}^2}{t_1{}^2} + \frac{n_2{}^2}{t_2{}^2} + - + \frac{n_m{}^2}{t_m{}^2}$$

ed essendo m il numero delle esperienze, sarà

$$a = \frac{m . \Sigma V . \frac{n}{t} - \Sigma V . \Sigma \frac{n}{t}}{m \Sigma \frac{n^2}{t^2} - \left\{ \Sigma \frac{n}{t} \right\}^2}$$

$$b = \frac{\Sigma V . \Sigma \frac{n^2}{t^2} - \Sigma \frac{n}{t} \Sigma V . \frac{n}{t}}{m \Sigma \frac{n^2}{t^2} - \left\{ \Sigma \frac{n}{t^2} \right\}^2}$$

Capo V. — Stima delle portate mediante i regolatori.

263. La stima della portata di una corrente misurandone direttamente la velocità media mediante i tachimetri , come si è spiegato superiormente, non è così esatta da non richiedere una certa tolleranza; la quale se può facilmente essere accordata in alcuni casi, specialmente ove trattasi di portate assai grandi, potrebbe riputarsi soverchia in altri, nei quali la poca quantità dell'acqua richiede particolare esattezza nel misurarla.

In questi casi è mestieri ricorrere ai così detti regolatori, dei quali esporrò qui il fondamento e l'uso.

264. Se si chiude con una diga il corso di una corrente

e nella diga stessa si aprano alcune luci di scarico, l'acqua, arrestata nel suo moto, si andrà mano a mano elevando a monte della diga, con che andrà pure mano e mano aumentando il carico delle luci schiuse in quella diga, e con ciò la loro portata, fino a che l'acqua si sarà elevata a monte della diga di tanto che dalle luci fluirà precisamente tanta acqua quanta ne porta il canale, e basterà misurare l'acqua che fluisce da quelle luci per avere la richiesta portata della corrente. Per tal modo il problema è condotto ad un problema di foronomia.

265. Se tutti i casi di efflusso dai fori fossero egualmente accertati, ben poco ci resterebbe a soggiungere, ma rifacedosi indietro e richiamando quanto si è detto nel primo libro si scorgerà facilmente che la richiesta esattezza non si avrà se non che quando siensi disposte le cose così che si riesca ad uno di quei casi della foronomia che sono maggiormente accertati. Ora per tutti questi casi è sempre necessario anzitutto che l'acqua a monte della luce si possa avere in conto di acqua stagnante, e a questa condizione converrà avere particolare riguardo in primo luogo. Poi sarà pure necessario che la contrazione della vena sia o completa sopra tutto il contorno, o soppressa sopra del fondo o dei lati verticali come nei casi delle esperienze del Lesbros già riportate, perchè nulla di certo si ha pel caso di contrazione incompleta. Finalmente bisognerà che l'efflusso avvenga liberamente nell'aria, o a bocca interamente rigurgitata: se s vorrà accompagnare l'acqua fluente con un canale, sarà mestieri che il canale sia nelle condizioni pure di quelle esperienze; ma sarà sempre più opportuno usare o di libero efflusso, o di bocca interamente rigurgitata.

Se le accennate condizioni non sono soddisfatte la stima della portata riesce incerta, e ciò tanto più quanto più si si dilunga dalle condizioni stesse.

266. Se le sponde del canale dentro cui scorre l'acqua sieno piuttosto elevate, allora si andrà cercando la più ampia sezione possibile del canale ed in quella sezione si costruirà la diga, aprendo nella stessa una luce quanto più piccola è possibile e così discosta dalle sponde e dal fondo che la contrazione abbia a riescire perfetta. Se non si può ottenere che l'acqua fluisca a libera caduta, si restringerà inferiormente la sezione del canale così da produrre un ringorgo dell'acqua tanto che la luce riesca interamente sommersa. Così disposte le cose si attenderà che l'acqua a monte

finisca di elevarsi, e quando è ridotta in istato permanente si misurerà con ogni accuratezza il carico, e valutando, coi metodi altrove prescritti, la portata della luce si avrà in essa la portata cercata della corrente, con tutta quella maggiore esattezza che permette la pratica.

Imperocchè oltre essere la contrazione completa sarà pure assai piccola l'area della luce in paragone della sezione del canale; quindi assai grande riescirà l'alzamento dell'acqua sul suo pelo naturale, e, stendendosi con ciò il ringorgo per lungo tratto allo insù, l'acqua sopravvegnente perderà quasi tutto il suo moto dilatandosi in una sezione di considerabile ampiezza, motivo por cui l'acqua a monte della diga potrà aversi in conto di acqua stagnante.

267. Se le dimensioni dell'alveo, e principalmente l'elevazione delle sue sponde, non permettessero l'esatta applicazione del metodo precedente, allora potrebbe tornar più facile l'uso di uno stramazzo, e in tal caso converrà scegliere uno dei tronchi che sia il più regolare possibile, e, stabilito il luogo ove collocare la diga, ridurre per sei in sette metri a monte della diga le sponde parallele e verticali fino sotto alla cresta della diga stessa, la quale cresta si farà orizzontale e a spigolo acuto col sovrapporre alla diga un telaio di legno a ciò appositamente accomodato. Si cercherà poi di aver a fare con uno dei casi delle esperienze di Lesbros maggiormente avverati, e si procurerà il più grande ringorgo possibile, acciocchè l'acqua perda pressochè tutto il suo moto preconcepito.

268. Forse in qualche caso potrà tornare utile il modo seguente.

Scelto il luogo ove collocare la diga si pratichi per alcuni metri allo insù un allargamento tale della sezione da poter avere contrazione sicuramente completa e bocca abbastanza ampia perchè il ringorgo non abbia a riescire eccessivo. A monte di questa prima diga, ed alla distanza almeno di venti metri, si chiuda la sezione con una seconda diga nella quale pure si praticherà una conveniente apertura, avanti alla quale si pianteranno sul fondo molti paletti così che l'acqua che entra per la stessa, impigliata nei medesimi, perda la sua velocità, e che l'acqua nel tronco compreso fra le due dighe non conservi più traccia della velocità concepita nel canale. Ridotta l'altezza dell'acqua allo stato di permanenza si calcolerà la portata della luce aperta nella diga a valle coi soliti metodi.

Non credo necessario fermarmi ulteriormente su questo argomento, nè di accennare a particolari regolatori, che la pratica non ha adottati, e dei quali è assai problematica l'esattezza.

Capo VI. — Delle forze dalle quali dipende il movimento dell'acqua per entro gli alvei.

269. Quando diciamo di voler assegnare le leggi del movimento dell'acqua per gli alvei naturali o artefatti, noi non vogliamo già determinare il movimento d'ogni singola particella, che sarebbe cosa impossibile e d'altra parte di nessuna utilità pratica; ma ci basta assegnare le leggi di quel movimento medio della massa fluente al quale si legano i principali fenomeni di interesse pratico; e quindi nel rintracciare le forze dalle quali dipende un tal movimento noi tentiamo di scoprire quelle forze medie che operando sulla massa scorrente valgono appunto a rappresentare i fatti i più avverati, e quelli che l'esperienza ha posti fuori d'ogni contestazione, ben persuasi che gli altri fatti tutti risponderanno anch'essi all'ipotesi fatta.

Ciò premesso le dette forze riduconsi a due; la prima è la gravità, ed è questa la forza movente; l'altra trae origine dalle resistenze che l'acqua incontra fra via, e dai movimenti discordanti che gli ostacoli ingenerano nella massa liquida, questa è forza resistente: tanto l'una quanto l'altra valutasi in forza acceleratrice, cioè sull'unità di massa.

270. Per quanto spetta all'influenza della gravità osserverò che l'acqua, come qualunque corpo pesante, sollecitata unicamente dall'azione della gravità per concepir moto è necessario che possa discendere, e siccome la possibilità di discendere stà nella caduta di cui è dotata la sua suprema superficie, così egli è solo nella pendenza di questa superficie ch'essa può trovar la ragione del suo movimento. Toricelli pel primo, nelle sue scritture sopra la bonificazione della valle di Chiana, avvertì e pose nettamente questa fondamentale verità idraulica quando disse che « la velocità delle acque non si accresce nè si diminuisce conforme alla pendenza del fondo, ma sibbene conforme alla pendenza accresciuta o diminuita della superior superficie loro. Non sarà sempre vero che dalle pendenze del fondo si regoli il corso dell'acque, ma dalla declività della superficie sì. » Non credo possibile il dare di questo principio una dimostrazione

matematica scevra di qualunque obbiezione, tanto più ch'io credo che il principio sia vero soltanto, come diciamo, al digrosso, e prendendo l'insieme di tutti i movimenti, ai quali per tal forma veniamo ad accomodare una forza media da cui si fanno essi dipendere.

271. A misura di questa forza si prende la componente della gravità parallela alla superficie libera, e si giustifica ciò nella seguente maniera.

La massima velocità dell'acqua in un alveo qualunque ha luogo assai presso la superficie, e secondo quella linea che si dice il filone del fiume, la cui pendenza segua veramente la pendenza della superficie libera. Questa linea è dunque quella che costituisce la direttrice del moto dell'acqua che si può, o si vuole, avere in conto di moto lineare. Le componenti delle singole velocità delle molecole liquide parallele alla detta linea sono quelle che entrano propriamente in gioco nel comporre la velocità media dell'acqua, quella velocità che moltiplicata per la sezione dà la portata del fiume; le altre componenti che non sono parallele al filone non fanno altro che dare origine a quelle perdite di moto di cui ragioneremo più sotto. Non si può, nè si deve, considerare la massa liquida come dotata di un sol movimento; il moto che si considera è soltanto quello che avviene lungo l'alveo parallelamente al filone; l'influenza degli altri movimenti è calcolata unitamente a quella causa di ritardo che si dice resistenza e va inchiusa nella forza ritardatrice che or ora considereremo.

Se quindi diciamo g la gravità e p la pendenza in superficie, la forza acceleratrice dovuta alla gravità sarà espressa da

$$g.\ p.$$

272. Le cause che ritardano il moto delle correnti possono ridursi alle seguenti

a) Direzioni discordanti delle velocità di cui sono dotati i vari filetti liquidi, donde derivano le riflessioni, i vortici, ecc.

b) Formazione di onde discordanti e cozzo reciproco delle stesse.

c) Movimenti vibratori delle singole molecole liquide.

273. Per poco che siasi gittato l'occhio sulla superficie di una corrente qualunque, non può non essere che non siasi avvertito quell'avvicendarsi di moti variabilissimi che pre-

senta l'acqua alla superficie medesima, e per cui la vediamo ora correre in direzioni variamente inclinate fra loro, e per fino opposte, ora aggirarsi in vortici che vengono portati oltre dalla corrente per dileguarsi e ricomparire poi in altri punti; fenomeni tutti i quali chiaramente ci mostrano esistere nella massa dell'acqua scorrente movimenti discordanti fra loro, e di cui gli uni disturbano gli altri. Egli è guardando a ciò che il Guglielmini ebbe a dire «che la velocità acquistata dall' acqua patisce alterazione e diminuzione considerabile ancora da altri moti irregolari derivati da impedimenti, riflessioni, vortici, percosse, ecc.»; e siccome i detti movimenti si incontrano in tutta la massa, così ciascuna sua parte deve essere più o meno ritardata: e perchè le cause di questi movimenti sono maggiori al fondo e alle sponde, così in vicinanza del fondo e delle sponde saranno essi maggiori, e più grande sarà quivi il ritardo.

274. Fra questi movimenti molti danno origine a quelle onde che furono accennate già da Lionardo da Vinci, e più particolarmente poi studiate dal Tadini: onde che possono scorgersi anche alla superficie libera della corrente, se l' acqua non è molto alta e il fondo sia molto ineguale, marcatissime, e che sempre sono dimostrate dall' ineguale riflettersi della luce sulla superficie suprema. Queste onde così varie di direzione vengono ad urtarsi fra loro, a sturbarsi reciprocamente, donde ne nasce una corrispondente perdita di moto nella massa scorrente. Quel rumore che si fa sentire lungo un torrente in piena, e che sembra dovuto ad un rivoltarsi di ghiaie o sassi gli uni sopra gli altri, non è generalmente dovuto che al reciproco urto delle onde di cui ora è parola; nè quel notabilissimo attenuarsi della velocità dell'acqua al termine di una caduta da altro trae l' origine che dagli urti delle onde che marcatissime allora si scorgono al piede della discesa, e dai movimenti discordanti che appunto in tal caso appaiono sensibilissimi.

275. Nè queste onde, per cui la massa totale si suddivide in parti i cui discordanti movimenti ingenerano i cozzi reciprochi ora accennati, credo esser le sole; altre minime onde si formano pure per tutta la massa, costituenti quasi un tremolio di ciascuna molecola e la cui influenza pure non è trascurabile. A queste onde si riportano i moti vibratori rimarcati dal Chladni nei fenomeni presentati dalla vena fluente da un orificio. Queste onde nel loro reciproco urtarsi non possono, è vero, far perdere forza viva se il

liquido sia perfettamente elastico, ma vi sarà perdita di forza viva nel comunicarsi di queste vibrazioni al fondo e alle sponde, non chè ai corpi nuotanti nel liquido, e costituenti la così detta torbida, perchè allora osse si comunicano a mezzi di densità differente. Di più quel poco di aderenza, o viscosità che vogliam dire, ohe ancora conserva il liquido lo rende meno perfettamente elastico, e quindi vi sarà perdita di forza viva anche nel reciproco urtarsi di qneste onde, che io direi propriamente intestine, ed è anzi probabilmente questo il modo con cui l'aderenza propaga questa resistenza a tutta la massa fluente.

276. La complicazione presentata dal fenomeno ci fa ben facilmente persuasi essere assai difficile di racchiudere in una formola la varia influenza di tutte quelle cause che abbiamo ora acconnato. So quindi quanto abbiam detto ci può parere sufficiente a porgere una spiegazione del fatto', non può da altra parte porgerci altro filo direttore per valutare in nnmeri la resistenza provata dall'acqua, se non forse questo solo, che la perdita riducendosi in ultima analisi ad nna perdita di lavoro dinamico, di forza viva, dovrebbe assai ragionevolmente essere proporzionale al quadrato della velocità media dell'acqua nella sezione ove si considera aver luogo la perdita stessa. A qnesto potrebbesi aggiungere che essendo una tal perdita occasionata dagli ostacoli che l'acqua incontra sul fondo e alle sponde, i qnali ostacoli determinano appunto le direzioni discordanti delle fluide stille, dovrebbe ossa resistenza crescere al crescere del numero di questi ostacoli, cioè al crescere del così detto perimetro bagnato, ma dovendo poi spartirsi su tutta l'acqua che passa per la stessa sezione dovrà scemare al crescere della sezione medesima.

La formola più semplice che si possa accomodare ad esprimere queste relazioni sarebbe

$$a \cdot \frac{C}{S} v^2$$

essendo a un coefficiente numerico, C il perimetro bagnato, S la sezione e v la velocità media. Solo l'esperienza può dire se e quanto qnesta forma coincida col fatto.

277. Ora confrontando appunto questa formola colla esperienza si scorge accordarsi essa assai prossimamente coi fatti osservati fino a che la velocità è superiore ad un metro, nel qual caso è assai prossimamente

$$a = 0{,}00038 \cdot g$$

ma nelle velocità inferiori ciò non ha luogo, e ciò tanto più quanto la velocità è più piccola.

Altre formole che si volessero sostituire alla precedente non si accosterebbero per altro di più al vero, almeno senza farsi così complicate da non poter essere utilmente e comodamente usate nella pratica. Credo quindi miglior partito prendere la formola superiore così come stà, e piuttosto variare opportunamente il valore del coefficiente numerico, qnando almeno qnesto si possa fare dentro limiti abbastanza estesi della velocità.

278. Ora in un mio lavoro « intorno alle leggi del moto dell'acqua nei canali e nei fiumi » pubblicato nel volume VI delle Memorie del Regio Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, io ho mostrato potersi ciò fare, e, rimandando a quella memoria chi bramasse maggiore illnstrazione, io non farò qui che riportare i valori relativi di quel coefficiente.

Dal confronto col fatto risulta doversi prendere

$a = 0{,}00079 \,.\, g$	per velocità comprese fra	$0^m{,}15$ e $0^m{,}20$
$a = 0{,}000451 \,.\, g$	»	$0^m{,}25$ e $0^m{,}50$
$a = 0{,}000436 \,.\, g$	»	$0^m{,}50$ e $1^m{,}00$
$a = 0{,}000386 \,.\, g$	»	$1^m{,}00$ e $1^m{,}50$
$a = 0{,}000384 \,.\, g$	»	$1^m{,}50$ e $2^m{,}00$
$a = 0{,}000382 \,.\, g$	»	superiori a 2^m

Già prima il Tadini aveva dato il valore $0{,}0004 \,.\, g$, che, come si scorge, si avvicina assaissimo al valor medio dei coefficienti superiori, almeno per velocità maggiori di $0^m{,}50$, che sono anche quelle con cui si ha più frequentemente a fare nella pratica.

279. Da quanto si è precedentemente detto risulta potersi esprimere con

$$g \,.\, p - a \frac{C}{S} v^2$$

la forza acceleratrice dalla quale dipende il movimento delle acque scorrenti per entro agli alvei naturali o artefatti.

Ora le quantità p, C, S, v, possono essere funzioni del tempo o nò; nel primo caso il moto che ne nasce sarà *vario*, sarà *permanente* nel secondo.

Il moto permanente poi si divide in moto *uniforme*, e moto *permanente* unicamente detto: è uniforme il moto

quando le predette quantità sono eguali in ogni sezione; è semplicemente *permanente* quando esse sono costanti in una sezione ma variano da sezione a sezione.

Assai poco si può dire intorno al moto vario, e quel poco sarà ricordato da noi dove tratteremo delle piene dei fiumi e dei fenomeni che le accompagnano; qui ci limiteremo soltanto alla considerazione del moto uniforme e del moto permanente.

Capo VII. — Del moto uniforme, e del moto permanente in generale.

280. Essendochè nel moto uniforme la forza acceleratrice è nulla, così l'equazione caratteristica di questo movimento sarà

$$g \cdot p - a \cdot \frac{C}{S} v^2 = o$$

e ponendo $\frac{a}{g} = b$ e sostituendo a v il suo valore, cioè $\frac{Q}{S}$, essendo Q la portata, avremo

$$(1) \qquad p \cdot S^3 = b \cdot C \cdot Q^2$$

Nei tronchi dei grossi fiumi in cui il moto sia uniforme, detta L la larghezza in superficie ed h l'altezza ragguagliata, essendo sensibilmente § 237

$$S = L \cdot h; \quad C = L,$$

si avrà

$$(2) \qquad p \cdot L^2 h^3 = b \cdot Q^2$$

e nei canali di forma regolare trapezoidale, § 238,

$$(3) \qquad p\,(l + n\,h)^3 \cdot h^3 = b \left\{ l + 2\,h \sqrt{1 + n^2} \right\} \cdot Q^2$$

281. Perchè il moto possa essere uniforme è necessario che p, C, ed S sieno eguali in ogni sezione; il moto di una corrente non potrà aversi quindi come uniforme che in quei tronchi soltanto nei quali l'accennata condizione si verifichi almeno assai prossimamente. A quest'uopo dovranno le sponde correre parallele fra loro, essere costante la pendenza della superficie libera, e questa superficie sensibilmente parallela al fondo.

Tranne in alcuni canali regolarissimi queste condizioni si troveranno rare volte puntualmente soddisfatte nelle cor-

renti ordinarie; ciò nulla meno si reputa uniforme il moto anche quando esse lo sieno solo prossimamente. Si può dunque tentare l'applicazione delle formole superiori anche in alcuni tronchi di fiumi nei quali le sezioni sieno prossimamente eguali ed uniforme la pendenza, certi che non incorreremo per ciò in errori troppo marcati. In questo caso bisognerà misurare più d'una sezione, e prendere il valore medio.

282. Con queste limitazioni la equazione (2) ci dice che nei fiumi a egnale pendenza e larghezza il quadrato della portata è proporzionale al cubo dell'altezza dell'acqua; che è la vecchia regola idraulica del Castelli tutt'ora usata in idraulica.

Risulta da ciò che la portata cresce assai più dell'altezza, e ciò tanto più se col crescere dell'altezza cresce anche la larghezza e la pendenza della superficie.

283. Per stabilire l'equazióne fondamentale del moto permanente fisseremo l'origine nell'ultima sezione a valle del tronco che si considera, e precisamente nel punto dove la proiezione della linea del filone sul fondo incontra la detta sezione, e conteremo le distanze x a partire da questo punto venendo all'insù lungo la proiezione del filone sul fondo. Diremo y l'altezza dell'acqua nella sezione che dista x dall'origine; S la sua area; C il suo perimetro bagnato; v la velocità media dell'acqua in questa sezione, e Q la portata della corrente. Rappresenteremo finalmente con p la pendenza del fondo, e per schivare un'inutile lunghezza di calcolo, che d'altronde non potrebbe riuscire ad alcuna utile applicazione pratica, supporremo p costante; ammetteremo cioè che il fondo sia regolare e di uniforme pendenza in quel tronco che si considera.

Ciò premesso, essendo $p \cdot x$ l'elevazione del fondo, sopra l'orizzontale condotta per l'origine, alla distanza x dall'origine stessa, l'elevazione media dell'acqua nella sezione S sopra la detta orizzontale sarà $y + p \cdot x$, e quindi la pendenza della superficie libera

$$p \cdot \frac{dx}{ds} + \frac{dy}{ds}$$

esprimendo con s l'arco; ma siccome l'inclinazione della superficie libera differisce assai poco da quella del fondo,

così si potrà senza tema di errore valutabile prendere $ds = dx$, con che la pendenza della superficie libera diviene

$$p + \frac{dy}{dx};$$

essendo ora la forza acceleratrice eguale alla componente della gravità parallela alla superficie libera, avremo

$$-g \cdot p - g \cdot \frac{dy}{dx} + g \cdot b \cdot \frac{C}{S} v^2 = \left(\frac{dv}{dt}\right);$$

ma il moto essendo permanente v non varia con t se non in quanto occorre un tempo dt per passare dalla sezione che stà alla distanza x dall'origine a quella che dista dalla stessa di $x - dx$; sarà dunque

$$\left(\frac{dv}{dt}\right) = \left(\frac{dv}{dx}\right) \cdot \left(\frac{dx}{dt}\right) = v \cdot \frac{dv}{dx}$$

e quindi

$$-g \cdot p - g \cdot \frac{dy}{dx} + g\, b \cdot \frac{C}{S} v^2 = v \cdot \frac{dv}{dx}$$

Ora d'altra parte è

$$S \cdot v = Q$$

ed, essendo Q costante,

$$S \cdot dv + v \cdot dS = o$$

così sostituendo a v questi valori. o dividendo per g, avremo l'equazione

$$(4) \quad \{ p \cdot S^3 - b \cdot C \cdot Q^2 \} \, dx + S^3 . \, dy - \frac{Q^2}{g} \cdot dS = o$$

284. Dalla conosciuta forma dell'alveo si determineranno i valori di S e di C in funzione di x e di y, e, sostituiti nella precedente, si avrà un'equazione differenziale, la quale integrata darà y in funzione di x, e quindi il profilo longitudinale della superficie libera della corrente.

Nella maggior parte dei casi la x non entrerà esplicitamente nè in S nè in C; queste quantità saranno allora soltanto funzioni esplicite della y, e non saranno funzioni di x se non in quanto la y è una funzione di x. Questo ha luogo tutte le volte che l'alveo è molto regolare e a sponde parallele, cosicchè le sezioni praticate nell'alveo stesso in qualunque punto, ed i loro contorni bagnati non possono

contenere esplicitamente che la y soltanto. Quando questo succede sarà

$$dS = S' \, . \, dy$$

e con ciò la (4) dà tosto

$$(5) \qquad dx = -\frac{S^3 - \frac{Q^2}{g} \, . \, S'}{p\,S^3 - b\,.\,C\,.\,Q^2} \, . \, dy$$

In questa equazione le variabili sono separate, e la sua integrazione sarà sempre possibile, almeno per serie.

285. Essenzialmente distinti riescono i due casi seguenti: 1° quando siavi pendenza nel fondo; 2° quando il fondo sia orizzontale, non potendo in questo secondo caso la superficie dell'acqua porsi mai parallela al fondo. Questa naturalo separazione dei due casi ci obbliga a trattarli anche separatamente, il chè faremo nei capi seguenti.

Capo VIII. — Del moto permanente a fondo orizzontale.

286. Supposto sempre l'alveo regolare così che S e C riescano soltanto funzioni della y, essendo in questo caso $p = o$ la (5) diventa

$$(1) \qquad b\,.\,C\,.\,Q^2.\,dx = \left\{ S^3 - \frac{Q^2}{g} \, . \, S' \right\} dy.$$

Ora sia h l'altezza media dell'acqua nella sezione infima dove abbiam posta l'origine delle coordinate; sia A l'area di questa sezione e B il suo perimetro bagnato; detto z l'alzamento alla distanza x sarà

$$(2) \qquad y = h + z$$

ed essendo z quantità sempre piccola, o almeno finchè z si conserva abbastanza piccola, potremo porre

$$(3) \qquad S = A + l\,z; \qquad C = B + k\,z$$

e le quantità lz, e kz riesciranno sempre assai piccole in confronto di A e di B, per cui le quantità

$$\frac{l\,z}{A} \quad \text{e} \quad \frac{kz}{B}$$

saranno sempre così piccole da poterne trascurare le potenze d'ordine convenientemente elevato senza tema di valutabile errore.

287. Ponendo nella (1) i precedenti valori, e integrando così che per $x = o$ riesca $z = o$ si avrà

$$(4)\quad b \cdot \frac{k \cdot Q^2}{A^3} x = \frac{1}{3} \cdot \frac{l^3 z^3}{A^3} + \frac{3}{2} \left\{ 1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{B}{A} \cdot \frac{l}{k} \right\} \cdot \frac{l^2 z^2}{A^2}$$

$$+ 3 \left\{ 1 - \frac{B}{A} \cdot \frac{l}{k} + \frac{1}{3} \cdot \frac{B^2}{A^2} \cdot \frac{l^2}{k^2} \right\} \cdot \frac{l z}{A}$$

$$- 3 \left\{ \frac{B}{A} \frac{l}{k} - \frac{B^2}{A^2} \cdot \frac{l^2}{k^2} + \frac{1}{3} \cdot \frac{B^3}{A^3} \cdot \frac{l^3}{k^3} \right.$$

$$\left. + \frac{1}{3} \left(\frac{Q^2 l}{g A^3} - 1 \right) \right\} \cdot log \cdot \left\{ 1 + \frac{kz}{B} \right\}$$

Sviluppando il logaritmo in serie, ordinando secondo i termini del medesimo ordine, e ponendo per brevità

$$(5)\qquad 1 - \frac{Q^2\, l}{g A^3} = q$$

si avrà

$$(6)\quad b \cdot \frac{B Q^2}{A^3} \cdot \frac{x}{z} = q + \frac{1}{2} \left\{ 3 \cdot \frac{l z}{A} - q \cdot \frac{kz}{B} \right|$$

$$+ \left\{ \frac{l^2 z^2}{A^2} - \frac{l z}{A} \cdot \frac{kz}{B} + \frac{1}{3}\, q \cdot \frac{k^2 z^2}{B^2} \right\}$$

$$+ \frac{1}{4} \left\{ \frac{l^3 z^3}{A^3} - 3 . \frac{l^2 z^2}{A^2} . \frac{kz}{B} + 3 . \frac{l z}{A} . \frac{k^2 z^2}{B^2} + q . \frac{k^3 z^3}{B^3} \right\} + \text{ec.}$$

dalla quale, dato x, si potrà sempre aver z col mezzo delle approssimazioni successive.

288. Se nella precedente equazione vorremo accontentarci di quella approssimazione che è data dal tener conto soltanto dei termini di primo ordine, il che sarà più che sufficiente nella maggior parte dei casi, avremo

$$b \cdot \frac{B \cdot Q^2}{A^3} \cdot \frac{x}{z} = q + \frac{1}{2} \left\{ 3 \cdot \frac{lz}{A} - q \cdot \frac{kz}{B} \right\}$$

la quale ordinata rapporto a z, risoltala, e posto per brevità

$$(7)\qquad m = 3\, \frac{l}{A} - q \cdot \frac{k}{B}$$

dà

$$(8) \qquad z = -\frac{q}{m} + \sqrt{\left\{ \frac{q^2}{m^2} + 2b \cdot \frac{BQ^2}{mA^3} \cdot x \right\}}$$

Questa rapprosonta una parabola conica, avente il vertice a valle della sezione infima, ad una distanza dalla sezione stessa eguale ad

$$\frac{A^3}{2bmB} \cdot \frac{q^2}{Q^2}$$

e depresso sotto l'orizzontale condotta per la superficie dell'acqua all'origine di una quantità $\frac{q}{m}$; il parametro della parabola è poi $\frac{b\,B\,Q^2}{m\,A^3}$.

289. Quest'ultima formola ci porge un mezzo assai facile per calcolare l'andamento della superficie libera in una corrente qualunque, quando il fondo dell'alveo entro cui scorre sia orizzontale e l'alveo stesso sensibilmente regolare e a sponde parallele.

Stabilita l'altezza dell'acqua nell'ultima sezione a valle del tronco che si considera si calcoleranno in quella sezione i valori della sezione A, e del perimetro bagnato B e, detta l la larghezza superficiale della sezione quando l'altozza dell'acqua sia h e k il doppio della lunghezza della scarpa delle ripe corrispondente ad uno di altezza, potremo assumere per S e C i valori (3), e, fino a che l'alzamento z si conservi piccolo, trascurare i quadrati delle quantità $\frac{lz}{A}$, e $\frac{kz}{B}$ come nel precedente paragrafo. Allora l' alzamento z sarà dato dalla (8) e si avrà il profilo della corrente, almeno fino a tale distanza dall'origine per cui z non riesca troppo grande.

Quando col calcolo saremo pervenuti ad una distanza x tale che i valori di z riescano così grandi da non doversi più accontentare di questa approssimazione si potrà ricorrere all'uso della (6); ma reputo che metta conto piuttosto riprendere il calcolo cominciando dall'ultima sezione a cui saremo pervennti, e progredendo allo insù; così si ripeterà suddividendo la corrente in tronchi, i quali riesciranno già molto lunghi, e quindi non mai soverchiamente numerosi. A maggiore intelligenza di quanto ora si è detto porrò in fine del capo un opportuno esempio numerico.

Che se la corrente fosse divisa in tronchi di differente portata e larghezza media, basterà ripetere il calcolo per ognuno dei detti tronchi, prendendo sempre per sezione di origine l'ultima sezione a valle del tronco che si considera.

290. Se si abbiano due alvei di eguale sezione e perimetro bagnato allo sbocco e che ambedue abbiano eguale portata, ma l'uno a pendenza uniforme del letto e l'altro a fondo orizzontale, le superficie libere dell'acqua nei due canali si disporrebbero inegualmente, e sarà facile il trovare la differente altezza dell'acqua nei due canali, sull'orizzontale allo sbocco, ad una distanza qualunque dello sbocco medesimo.

Se infatti sia p la pendenza uniforme del letto del primo, Q la portata comune z_1 e z_2 le elevazioni sull'orizzontale allo sbocco alla distanza x si avrà

$$z_1 = p \cdot x = b \cdot \frac{BQ^2}{A^3} x$$

$$z_2 = -\frac{q}{m} + \sqrt{\left\{\frac{q^2}{m^2} + 2b \cdot \frac{BQ^2}{mA^3} \cdot x\right\}}$$

e quindi

$$z_1 - z_2 = b \cdot \frac{BQ^2}{A^3} x + \frac{q}{m} - \sqrt{\left\{\frac{q^2}{m_2} + 2b \cdot \frac{BQ^2}{mA^3} \cdot x\right\}}$$

la quale può facilmente per la (5) porsi sotto l'aspetto seguente

$$z_1 - z_2 = \left\{\frac{q}{m} + b \cdot \frac{BQ^2}{A^3} x\right\}$$

$$-\sqrt{\left\{\left(\frac{q}{m} + b \cdot \frac{BQ^2}{A^3} x\right)^2 + b^2 \frac{B^2 Q^4}{A^2} \left(\frac{2l}{g\,b\,m\,B} - x\right) \frac{x}{A^4}\right\}}$$

dove si scorge che sarà $z_1 = z_2$ per $x_1 = \frac{2l}{g\,b\,m\,B}$; $z_1 < z_2$ per $x < x_1$ e $z_1 > z_2$ per valori di $x > x_1$. Risulta dunque:

« Fino ad una distanza dallo sbocco egnale a $\frac{2l}{g\,b\,m\,B}$, il livello dell'acqua nel canale a fondo orizzontale è più elevato di quello che si avrebbe in un canale il quale, con pendenza uniforme e colla medesima sezione all'origine, convogliasse la stessa quantità di acqua, ma al di là di quella distanza il livello dell' acqua nel canale a fondo

orizzontale è invece minore, e ciò tanto più quanto più cresce la distanza dallo sbocco. »

Supponendo tutto valutato in metri, sostituendo in x_1 a g, m e q i rispettivi valori, si avrà facilmente

$$(9)\qquad \frac{1}{x_1} = 0{,}00588 \,.\, \frac{B}{A} + 0{,}0002 \,.\, \frac{Q^2\,k}{A^3} - 0{,}00196 \,.\, \frac{k}{l}$$

il termine più influente essendo generalmente il primo, x_1 non sarà mai di molto maggiore di $170 \,.\, \frac{A}{B}$.

291. Prima di passare all'esempio nnmerico non sarà lnutile il rimarcare che, attesa la naturale pendenza delle scarpe, al crescere dell'altezza dell'acqna nell'alveo la sezione della corrente cresce più di quello sia il semplice aumento dell'altezza, per cui nelle formole (3) prendendo per l ia larghezza in superficie si prende meno del giusto, e quindi nel caso reale l sarà alcun poco più grande, per cui q sarà realmente più piccolo di quello che noi calcoleremo ed m sarà invece più grande, quindi il valore di z dato dalla (8) sarà maggiore di quello che avrà luogo in fatto, sebbene le differenze non sieno per essere mai troppo grandi. Risulta da ciò che calcolando z colla (8) avremo un limite massimo, per cui potremo dire che l'acqua si terrà certamente al di sotto del medesimo limite. In pratica vi ha vantaggio a prevedere un'altezza maggiore di quella che saremo poi per riscontrare, perchè non nuoce il prevedere un'altezza d'acqua più grande del vero, laddove potrebbe tornare invece dannoso lo stimarla minore.

292. *Esempio.* Un fiume di cui l'ultimo tronco è orizzontale sbocca in mare, e porta in piena m. c. 346. A media marea l'area della sezione di sbocco è met. quad. 283, con un perimetro bagnato di met. 142: la larghezza della sezione in superficie è metri 133, e l'altezza dell'acqua a media marea met. 2,16: finalmente le ripe pendono in medio nella ragione sesquialtera. Si domandano le curve del pelo dell'acqua in media, in bassa ed in alta marea, essendo la differenza fra la media e la bassa e l'alta marea met. 0,50.

(A) Curva del pelo in media marea.

Nello stato di media marea sarà

$$A = 283^{\text{m.q.}};\quad B = 142^{\text{m.}};\quad l = 133^{\text{m.}};\quad K = 3{,}6$$

coi quali dati l'equazione (8) diventa

$$z = 0{,}6697 \left\{ \sqrt{(1 + 0{,}0009651 \,.\, x)} - 1 \right\}$$

Calcolando le z di mille in mille metri, si avrà
per $x = 1000^{m.}$; $z = 0^{m.},2690$; e per $x = 2000^{m.}$, $z = 0^{m.},4767$.

Ora essendo a due chilometri dalla foce l'elevazione circa $0^{m},48$ sorge il dubbio che l'approssimazione data dalla formola diventi troppo piccola spingendone il calcolo e l'nso a distanze maggiori. Per qnesta ragione considereremo come nuova origine la sezione alla distanza di dne chilometri dalla foce, e calcolandosi, in base all'alzamento stimato sopra, la sezione, il perimetro bagnato e la larghezza nella nuova sezione all'origine, supposta trapezoidale, sarà

$$A = 346^{m.q.},74 ; \quad B = 143^{m.},72 ; \quad l = 134,43$$

coi quali dati la (8) diventa

$$z = 0,8434 \left\{ \sqrt{(1 + 0,0004075 \,.\, x)} - 1 \right\}$$

da cui si avrà
per $x = 1000^{m.}$; $z = 0^{m.},1571$; per $x = 2000^{m.}$; $z = 0^{m.}2928$;
per $x = 3000^{m.}$, $z = 0,4141$ ecc.

Mediante questi valori di z si ottengono tosto le altezze dell'acqua sul fondo alle varie distanze della foce, quali si vedono nella tabella posta in fine.

(B). Curva in bassa marea.
Essendo il pelo di bassa marea $0^{m},50$ sotto il pelo di marea media, si calcoleranno, nell'ipotesi sempre delle sezioni trapezoidali, i valori di A, B, e di l corrispondenti alla foce e si avrà

$$A = 216^{m.q.},88 ; \quad B = 140^{m.},20 ; \quad l = 131^{m.},50$$

quindi

$$z = 0,4687 \left\{ \sqrt{(1 + 0,003416 \,.\, x)} - 1 \right\}$$

donde

per $x = 1000^{m.}$; $z = 0^{m},5156$

Essendo z piuttosto grande calcoleremo il resto a partire dalla sezione a 1000^{m} dalla foce nella quale si avrà

$$A = 285^{m.q},66 ; \quad B = 142^{m},07 ; \quad l = 133^{m},06$$

quindi

$$z = 0,6772 \left\{ \sqrt{(1 + 0,0009267 \,.\, x)} - 1 \right\}$$

donde

per $x = 1000^{m}$; $z = 0^{m},2627$; per $x = 2000^{m}$, $z = 0,4667$

Qui torneremo a riprendere il calcolo partendo da quest'ultima sezione, per la quale sarà

$$A = 352^{m.q},54 ; \quad B = 143^{m},87 ; \quad l = 133^{m},76$$

quindi

$$z = 0{,}8641 \left\{ \sqrt{(1 + 0{,}0003780 \cdot x)} - 1 \right\}$$

e

per $x = 1000^m$, $z = 0^m,150$; per $x = 2000^m$, $z = 0^m,281$

(C) Curva del pelo in alta marea.

Essendo il livello di alta marea $0^m,50$ più elevato di quello della media, avremo

$$A = 349^{m.q},88; \quad B = 143^m,8; \quad l = 134^m,5$$

quindi

$$z = 0{,}8516 \left\{ \sqrt{(1 + 0{,}0003119 \cdot x)} - 1 \right\}$$

donde

per $x = 1000^m$, $z = 0^m,1235$; per $x = 2000^m$, $z = 0^m,2333$;
por $x = 3000^m$, $z = 0^m,3330$; per $x = 4000^m$, $z = 0^m,4250$;
per $x = 5000^m$, $z = 0^m,5110$.

Disponendo i valori precedenti in una tavola avremo il confronto dei tre casi nella seguente tabella.

Distanza dalla foce	Altezza dell'acqua sul fondo			Differenza delle altezze		
	In bassa marea	in media marea	in alta marea	fra la media e la bassa	fra l'alta e la media	fra l'alta e la bassa
0^m	$1^m,660$	$2^m,160$	$2^m,660$	$0^m,500$	$0^m,500$	$1^m,000$
1000	2,176	2,429	2,783	0,253	0,354	0,607
2000	2,439	2,637	2,893	0,198	0,256	0,454
3000	2,643	2,794	2,993	0,151	0,199	0,350
4000	2,793	2,930	3,085	0,137	0,155	0,292
5000	2,924	3,051	3,171	0,127	0,120	0,247

Capo IX. Del moto permanente a fondo inclinato.

293. Sia in secondo luogo p qualunque, e l'alveo sia ancora a sponde parallele e abbastanza regolare, cosicchè si possano avere S e C in conto di sole funzioni esplicite della y. L'equazione sarà allora la (5) del § 284.

Per risolvere questa equazione nel modo il più semplice possibile diciamo A e B la sezione ed il perimetro bagnato che competerebbero al caso in cui l'acqua scorresse per entro all'alveo dato con moto uniforme corrispondente ad una pendenza in superficie eguale a p e ad una larghezza

in superficie eguale a quella dell'alveo che si considera, sia cioè

$$p = b\,\frac{BQ^2}{A^3}$$

Supponendo H l'altezza normale dell'acqua a regime uniforme, e quindi

$$(1) \qquad y = H + z; \quad S = A + l\,z; \quad C = B + kz$$

e ponendo per semplicità di scrittura

$$(2) \quad 1 - \frac{Q^2 l}{gA^3} = q; \quad k\,.\,\frac{A}{l\,B} = a; \quad 3 - a = m; \quad \frac{l\,z}{A} = \varphi,$$

e integrando la (5) § 284 così che per $x = o$ riesca z eguale alla differenza che nella sezione all'origine vi ha fra l'altezza vera dell'acqua e quella H del regime uniforme, differenza che esprimeremo con h, sarà

$$(3) \quad \varphi + \frac{l}{A}\,p\,.\,x = \frac{l\,h}{A} - a\int_{\frac{lh}{A}}^{\varphi} \frac{\varphi + \frac{q}{a}}{\varphi^3 + 3\varphi^2 + m\,\varphi}\,.\,d\varphi$$

294. Nella maggior parte dei casi φ è così piccolo da poterne francamente trascurare le potenze superiori alla prima e questo avrà luogo tutte le volte che lh sarà assai piccolo in confronto di A, perchè essendo sempre z minore di h, se è lh piccolissimo in confronto di A, ancora più piccolo in paragone pure di A sarà lz, e quindi $\frac{lz}{A} = \varphi$ assai piccolo.

Quando questo succeda, la (3) diventa

$$\varphi + \frac{l}{A}\,.\,p\,.\,x = \frac{l\,h}{A} - \frac{a}{m}\int_{\frac{lh}{A}}^{\varphi} \frac{\varphi + \frac{q}{a}}{\varphi}\,.\,d\varphi$$

la quale dà immediatamente

$$\varphi + \frac{l}{A}\,p\,.\,x = \frac{lh}{A} - \frac{a}{m}\left\{\varphi - \frac{l\,h}{A}\right\} - \frac{q}{m}\,.\,log\,.\,\frac{\varphi\,.\,A}{l\,.\,h}$$

e risostituendo a φ il suo valore e ordinando

$$(4) \qquad mp\,.\,x = 3\,(h - z) + q\,.\,\frac{A}{l}\,log\,.\,\frac{h}{z}$$

donde

$$(5)\qquad z\, e^{-\frac{3l}{qA}(h-z)} = h\, e^{-\frac{ml}{qA}px}$$

295. Dalla (5) discendono facilmente i teoremi seguenti:

Osservando che se è $h=o$ è pur sempre $z=o$; che la z è sempre del medesimo segno di h, e che diminuisce al crescere della x, si conchiuderà

a) Se allo sbocco l'altezza dell'acqua è eguale a quella che compete al regime nniforme del fiume, essa vi si mantiene sempre egnale; la superficie libera si dispone parallela al fondo, ed il moto si fa uniforme.

b) Se l'altezza dell'acqua allo sbocco è maggiore o minore di quella che compete al regime nniforme, essa si mantiene sempre maggiore o minore della stessa per tutto il corso del fiume, e la superficie libera dell'acqua si inclinerà all'orizzonte più o meno di quello che si inclina il fondo, secondo che succede il primo od il secondo caso.

c) La superficie libera dell'acqua si va sempre più accostando a quella del regime uniforme, colla quale sensibilmente si confonde ad una conveniente distanza.

d) Le variazioni di altezza allo sbocco non hanno influenza che fino ad una certa distanza dallo sbocco medesimo, oltre la quale esse riescono assolutamente insensibili, e la superficie libera si mette parallela al fondo, ed in quella altezza che compete al regime nniforme.

296. Se φ non è tanto piccolo da potersi trascurare le potenze superiori alla prima, il che però non succederà molto frequentemente, allora potremo tener conto del quadrato, trascurandone la terza potenza, con che la (3) diventa

$$\varphi + \frac{l}{A}p\,.\,x = \frac{l\,.\,h}{A} - a\int_{\frac{lh}{A}}^{\varphi} \frac{\varphi + \frac{q}{a}}{3\,\varphi^2 + m\,\varphi}\,.\,d\varphi$$

integrata questa fra i limiti richiesti e sostituendo poi a φ il suo valore in z, avremo

$$(6)\qquad p\,.\,x = h - z + \frac{A}{3\,l}\left\{a - \frac{3q}{m}\right\}.\,log.\,\frac{3\,l\,h + m\,A}{3\,l\,z + m\,A} + \frac{A}{l}\;\frac{q}{m}\,.\,log\,.\,\frac{h}{z}$$

che posta sotto l'aspetto

$$(7)\quad \left\{z+\frac{1}{3}\cdot\frac{mA}{l}\right\}^{a}\left\{\frac{z}{z+\frac{1}{3}\cdot\frac{mA}{l}}\right\}^{\frac{3q}{m}}\cdot e^{-\frac{3l}{A}(h-x)} =$$

$$\left\{h+\frac{1}{3}\,\frac{mA}{l}\right\}^{a}\left\{\frac{h}{h+\frac{1}{3}\,\frac{mA}{l}}\right\}^{\frac{3q}{m}}\cdot e^{-\frac{3lp}{A}\cdot x}$$

condnce alle stesse conseguenze che abbiamo trovate nel paragrafo precedente.

297. Credo soverchio considerare il caso generale, cioè il tener conto anche della torza potenza di φ, essendo difficilissimo che siavi bisogno in pratica di spingere tant' oltre l'approssimazione; che anzi nella maggior parto dei casi sarà sufficiente l'uso della (5).

Qui pure si dovrà ripetere quanto si è detto al § 291.

298. Quando l'incognita della questione sia z, le equazioni (4) e (6) non possono risolversi che per tentativi; ad abbreviare i quali suggerisco qni nn metodo tratto dalla memoria del chiarissimo prof. Bellavitis « Appendice alle memorie sulla risoluzione numerica delle equazioni. » Memorie del r. Istitnto veneto, vol. IX, pag. 202, il quale tornerà sempre opportuno nei casi consimili.

Si provino alcnni numeri che si possano scorgere non molto lontani dal vero; per es. tre, che diremo z_1, z_2, z_3 e tali che sostituiti nella (4) o nella (6) in lnogo di z dieno risultamenti di cui due sieno di segno opposto, dopo posti tutti i termini in un membro, ed egnagliato a zero il risultamento. Sieno M_1, M_2, M_3 i numeri risultanti dalla sostituzione dei valori precodenti.

Trovati questi si calcolino le quantità.

$$M_{1,2}=\frac{M_2-M_1}{z_2-z_1};\ M_{2,3}=\frac{M_3-M_2}{z_3-z_2};\ M_{1,2;3}=\frac{M_{2,3}-M_{1,2}}{z_3-z_1}$$

e con questi si formino le quantità

$$a=M_{1,2;3}\quad b=M_{1,2}-\{z_1+z_2\}a;\quad c=M_1-\{b+az_1\}z_1$$

e quindi l'equazione

$$a \,.\, z^2 + b \,.\, z + c = o$$

si risolva questa equazione, e si prenda per z quella delle sue radici che casca fra i due valori z_1, e z_2; o z_2 e z_3 per cui ha luogo il mutamento del segno.

Il seguente esempio schiarirà e l'uso delle formule e l'applicazione di questo metodo

299. Si domanda l'alzamento che alla distanza di 5000 metri dalla foce si produrrà in un fiume, in cui è $Q = 753^{m.c}$, $p = 0{,}0001927$, $l = 185^m,74$ e l'altezza dell'acqua $3^m,21$, se alla foce stessa l'acqua avesse ad elevarsi di 0,32.

Dovendo essere

$$\frac{B}{A^3} = \frac{p}{b\,Q^2} = 0{,}0000008496$$

ponendo

$B = 185{,}74 + u$; ed $A = (185{,}74 + u) \,.\, 3{,}21$ si troverà $u = 2{,}81$ e quindi

$$A = 605{,}38^{m.c.}; \quad B = 188{,}55^m$$

essendo $h = 0{,}32$ e $K = 3{,}605$, l'equazione (6) diventerà

$$z + 2{,}2752 \,log \,.\, \frac{3{,}512}{z + 3{,}192} - 2{,}4311 \,.\, log \,.\, \frac{0{,}32}{z} + 0{,}6438 = o$$

dove i logaritmi sono tabulari.

Sostituendo nella stessa z i numeri 0,12 0,15, 0,20, si avrà

per $z_1 = 0{,}12$ . . . . . . $M_1 = -\,0{,}2139$
» $z_2 = 0{,}15$ . . . . . . $M_2 = +\,0{,}0429$
» $z_3 = 0{,}20$ . . . . . . $M_3 = +\,0{,}3819$

Con questi formeremo

$$M_{1,2} = -\,8{,}56\,; \quad M_{2,3} = +\,6{,}78\,; \quad M_{1,2;\,3} = -\,22{,}25$$

quindi

$$a = -\,22{,}25\,; \quad b = +\,14{,}5675\,; \quad c = -\,1{,}6296$$

e l'equazione

$$22{,}25 \,.\, z^2 - 14{,}57 \,.\, z + 1{,}63 = o$$

questa ha per radici

0,1433 ; e 0,5115

e di queste si dovrà scegliere la prima perchè compresa fra z_1 e z_2 per cui ha luogo il cambiamento di segno

Nel fiume proposto dunque ad un alzamento di 0^m, 32 alla foce corrisponderà un alzamento di 0^m, 14 alla distanza dalla foce stessa di cinque chilometri.

Capo X. Applicazione delle equazioni del moto uniforme e del moto permanente alla stima delle portate delle correnti.

300. I casi discussi nei precedenti capi ci possono porgere un modo con cui misurare la portata d'una corrente, e ciò misurandone la sezione, il perimetro bagnato e la pendenza superficiale; egli è però necessario avvertire che una tale stima, fondandosi sopra equazioni che non debbonsi avere in conto che di approssimate, oltre risentirsi dei falli che potremo commettere nel prendere le opportune misure, sarà influenzata ancora dall'errore delle equazioni generali, non potendosi mai accertare fino a qual punto possano essere esse applicabili al caso particolare che si considera. Qualora però le circostanze sieno tali da accostarsi molto a quelle inchiuse nelle fatte ipotesi, anche la stima non si dilungherà molto dal vero, e potrà usarsi del metodo con sufficiente fiducia.

301. Il caso che presenta meno incertezza è quello nel quale il moto della corrente sia uniforme, e non è mai molto difficile il trovare un tronco della corrente abbastanza esteso e regolare così che si possa riputare essere nello stesso uniforme il moto con lusinga che il fatto non ci contraddica. Scelto un tal tronco, con accurata livellazione si misurerà la pendenza superficiale, e si misureranno nel tronco stesso tre sezioni l'una al principio, l'altra al termine ed una terza verso il mezzo e, fattone un disegno, si misureranno i tre contorni bagnati. Di queste sezioni e di questi contorni si prenderanno i valori medii, e sostituiti questi ad S e C nella equazione del moto uniforme, avremo

$$(1) \qquad Q = \frac{1}{\sqrt{b}} \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S^3}{C}}$$

in medio sarà poi $\frac{1}{\sqrt{b}} = 50$, ma, facendo con un galleggiante una stima approssimata della velocità, si dovrà prendere

$$\begin{aligned}\frac{1}{\sqrt{b}} &= 47{,}90 \text{ per velocità comprese fra } 0^m{,}50 \text{ ed } 1^m \\ &= 50{,}88 \quad \text{»} \quad 1^m \quad \text{»} \quad 1^m{,}50 \\ &= 51{,}01 \quad \text{»} \quad 1^m{,}50 \quad \text{»} \quad 2^m \\ &= 51{,}14 \text{ per velocità superiori a } 2^m.\end{aligned}$$

302. Anche le equazioni del moto permanente possono prestarsi all'uopo, però sempre con qualche incertezza maggiore.

A quest'uopo poniamo l'equazione (4) del § 283 sotto l'aspetto

$$p \cdot dx + dy = \frac{Q^2}{g} \cdot \frac{dS}{S^3} + b \cdot Q^2 \cdot \frac{C \cdot dx}{S^3}$$

o integratala, supposto sempre la pendenza p del fondo costante, avremo

$$p \cdot x + y = cost. - \frac{Q^2}{2g} \cdot \frac{1}{S^2} + b \cdot Q^2 \int \frac{C \cdot dx}{S^3}.$$

Considerando ora due sezioni della corrente S_0 ed S_n discoste fra loro della quantità D, detta P la caduta totale della superficie libera dalla sezione superiore S_n alla inferiore S_0, ed estendendo la precedente equazione fra i limiti 0 e D, avremo

$$(2) \qquad P = \frac{Q^2}{2g}\left\{\frac{1}{S_0^2} - \frac{1}{S_n^2}\right\} + b \cdot Q^2 \int_0^D \frac{C \cdot dx}{S^3}$$

Posto quindi

$$(3) \qquad M = \frac{1}{2g}\left\{\frac{1}{S_0^2} - \frac{1}{S_n^2}\right\} + b \int_0^D \frac{C \cdot dx}{S^3}$$

sarà

$$(4) \qquad Q = \sqrt{\frac{P}{M}}.$$

Il termine

$$\int_0^D \frac{C \cdot dx}{S^3}$$

si potrà avere praticando varie sezioni nel tronco che si considera a piccola distanza fra loro e, calcolando per ciascuna il termine $\frac{C}{S^3}$, si avrà poi l'integrale con uno qualunque dei soliti metodi di approssimazione.

303. Come applicazione numerica della formola precedente prenderò l'esempio della stima della portata del Weser presso Münden in Vestfalia fatta dal Funk, e che trovasi riportata alla pagina 183 del Trattato d'Idraulica ad uso degli ingegneri del sig. S. P. d'Aubuisson de Voisins, Parigi, 1840.

Secondo i dati riportati dal predetto autore formeremo facilmente la tavola seguente:

Distanza fra due sezioni successive	Sezioni	Perimetri	Valori di $\frac{C}{S^3}$	Medio valore di $\frac{C}{S^3}$ fra due sezioni successive.	Prodotto di $\frac{C}{S^3}$ per le rispettive distanze
metri	m. q.	metri			
0,0	76,68	99,0	0,0002196	0,0002474	0,03943
159,4	73,84	110,8	0,0002752	0,0006632	0,04351
65,6	45,51	99,1	0,0010513	0,0007047	0,04298
61,0	64,05	94,1	0,0003581	0,0006800	0,05419
79,7	45,51	94,4	0,0010119	0,0007451	0,03666
49,2	62,68	117,8	0,0004784	Somma	0,21677

La caduta totale P era poi met. 0,4471.

Avremo dunque

$$b \cdot \int_0^D \frac{C \cdot dx}{S^3} = 0{,}00008671$$

$$\frac{1}{2g}\left\{\frac{1}{S_0^{\ 2}} - \frac{1}{S_n^{\ 2}}\right\} = -\ 0{,}00000431$$

$$M = 0{,}00008240$$

quindi

$$Q = 73{,}66^{\text{m. c.}}$$

Una stima fatta col mulinello di Woltmann aveva dato $Q = 75{,}10^{\text{m. c.}}$, con divario appena del due per cento.

304. Quando l'alveo sia sufficientemente regolare e a sponde sensibilmente parallele, allora si potrà far uso pel calcolo della portata anche delle equazioni (4) o (6) dei §§ 294, 296.

A quest' uopo scelto quel tronco in cui l'alveo è il più regolare possibile, si misureranno due sezioni ad una determinata distanza D, non chè la pendenza totale che corre dall'una all'altra, e che diremo P. Sieno rispettivamente

S_0 e C_0, S_1 e C_1 le aree delle dette sezioni e i loro perimetri, e sieno H_0 ed H_1 le altezze medie dell'acqua nelle sezioni medesime. Detta A la sezione e B il primitivo bagnato che competerebbero al moto uniforme con pendenza eguale alla pendenza p del fondo, si chiamino h e z gli alzamenti dell'acqua nelle sezioni misurate, e si esprimano le quantità l, k, A, B, h, e q in funzione di z. Sostituiti questi valori nella (4) o nella (6) si risolva rapporto a z, e trovato z si calcolino A, B, p, e si avrà Q dalla

$$(5) \qquad Q = 50 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot A^3}{B}}$$

Sarà poi facile di trovare per ciò le relazioni seguenti:

$$(6)\left\{\begin{array}{l} p = \dfrac{P + H_0 - H_1}{D};\ l = \dfrac{S_0 - S_1}{H_0 - H_1};\ k = \dfrac{C_0 - C_1}{H_0 - H_1};\ h = H_0 - H_1 + z \\ A = S_1 - \dfrac{S_0 - S_1}{H_0 - H_1}\, z;\ B = C_1 - \dfrac{C_0 - C_1}{H_0 - H_1}\, z \end{array}\right.$$

Mediante le quali si calcoleranno facilmente q, a, ed m in funzione di z; nel chè fare si potrà sviluppare rapporto a z e tener conto soltanto delle sue prime potenze, usando allora della (4) § 294.

305. A delucidazione pongo qui un esempio numerico, e, in mancanza di meglio, applicherò il metodo allo stesso caso del § 303, prendendo a quest'uopo le due sezioni prima e penultima, come quelle che mostransi maggiormente regolari, crescendo in esse i perimetri al crescere della sezione, come appunto suppongono le fatte posizioni.

Dalla tavola riportata nel detto paragrafo ricaveremo

$$D = 365^{m}, 7; \quad P = 0^{m}, 394$$
$$S_0 = 76^{m.q.}, 68; \quad C_0 = 99^{m}, 00; \quad H_0 = 1^{m}, 69$$
$$S_1 = 45^{m.q.}, 51; \quad C_1 = 94^{m}, 40; \quad H_1 = 1^{m}, 04.$$

Con questi dati formeremo

$$p = 0{,}002854; \quad l = 45{,}95: \quad k = 7{,}07$$
$$A = 45{,}51\,(1 - 1{,}053 \cdot z): \quad B = 94{,}4\,(1 - 0{,}749 \cdot z)$$

e quindi, trascurando le potenze superiori alla prima delle quantità $1{,}053 \cdot z$ e $0{,}0749 \cdot z$ avremo

$$q = 0{,}6217 - 0{,}02833 \cdot z; \quad a = 0{,}07108 - 0{,}06952 \cdot z$$

$$m = 2{,}9289 \pm 0{,}06952 \cdot z; \quad q \cdot \frac{A}{l} = 0{,}59\,(1 - 1{,}1 \cdot z)$$

Sostitnendo queste qnantità nella (4) § 294 avremo

$$1{,}3587\,(1 - 1{,}1\,.\,z)\,.\,log\,.\frac{0{,}65 + z}{z} - 0{,}073\,.\,z - 1{,}108 = 0$$

dove il logaritmo è tabnlare.

Provando i numeri $z_1 = 0{,}05$, $z_2 = 0{,}10$, $z_3 = 0{,}20$ troveremo ordinatamente pel valore del primo membro superiore $+ 0{,}359$, $- 0{,}057$, $- 0{,}457$, e qnindi secondo il metodo esposto al § 298, formeremo l'eqnazione

$$28{,}8\,.\,z^2 - 12{,}64\,.\,z + 0{,}919 = 0$$

dalla quale avremo

$$z = 0{,}092.$$

Sostitnito questo valore in A e in B avremo

$$A = 41{,}10\,;\quad B = 93{,}75$$

quindi dalla (5)

$$Q = 72^{\text{m.c.}}{,}70$$

con errore notabilmente inferiore a quello che si sarebbe potuto ragionevolmente attendere dalla irregolarità delle sezioni, che si è manifestata dalla tavola riportata al § 303.

306. Nel caso in cui il fondo del canale fosse orizzontale e le sezioni del canale così regolari da non contenere esplicitamente la x, allora si potrebbe usare della formnla (6) del § 287 misurando soltanto due sezioni a data distanza fra loro.

Per ciò diciamo S_0 e B_0 la sezione e il perimetro bagnato della sezione a valle; S_1 e B_1 la sezione e il perimetro bagnato della sezione a monte, sia D la distanza fra queste due sezioni, e P la cadnta totale. Avremo

$x{=}D$; $z{=}P$; $S_1{=}S_0{+}l.P$; $B_1{=}B_0{+}k.P$; $A{=}S_0$; $B{=}B_0$

donde

$$l = \frac{S_1 - S_0}{P}\,;\quad \frac{l\,.\,P}{S_0} = \frac{S_1 - S_0}{S_0}\,;\quad \frac{k\,.\,P}{B_0} = \frac{B_1 - B_0}{B_0}$$

Sostituendo nella (6) § 287 questi valori, ordinando rapporto a Q, non tenendo conto che dei termini di second'ordine, e posto per brevità

$$(7)\quad\begin{cases} M = gb\,.\dfrac{D\,.\,B_0}{S_0} + \dfrac{S_1 - S_0}{S_0} - \dfrac{1}{2}\,\dfrac{S_1 - S_0}{S_0}\,.\,\dfrac{B_1 - B_0}{B_0} \\[2ex] N = 1 + \dfrac{3}{2}\,\dfrac{S_1 - S_0}{S_0} - \dfrac{1}{2}\,\dfrac{B_1 - B_0}{B_0} + \left\{\dfrac{S_1 - S_0}{S_0}\right\}^2 \\[2ex] \qquad - \left\{\dfrac{S_1 - S_0}{S_0}\right\}\left\{\dfrac{B_1 - B_0}{B_0}\right\} + \dfrac{1}{3}\left\{\dfrac{B_1 - B_0}{B_0}\right\}^2 \end{cases}$$

avremo

$$(8) \qquad Q = S_0 \cdot \sqrt{\frac{M}{gN}} \sqrt{2g \cdot P}$$

307. Se la pendenza totale P si supponesse uniformemente distribuita sopra tutta la lunghezza D di modo che il moto nel canale fosse uniforme con caduta P, con sezione S_0 e perimetro bagnato B_0 sarebbe

$$Q = \frac{1}{\sqrt{b}} \cdot S_0 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot S_0}{D \cdot B_0}}$$

ossia, posto

$$n = \sqrt{\frac{1}{2gb \cdot \frac{D \cdot B_0}{S_0}}},$$

$$Q = n\, S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot P}.$$

E facile lo scorgere ch'è sempre $n < \sqrt{\frac{M}{2N}}$, e che, quindi, a eguale caduta ed eguale sbocco, la portata del canale a fondo orizzontale sarà maggiore di quella di un canale che, avendo il fondo parallelo alla superficie libera, determina nell' acqua moto uniforme.

Capo XI. Dei rigurgiti. — Nozioni.

308. Quando l' acqua scorrente per entro a un alveo qualunque si imbatte in un ostacolo, dal quale riesca ritardato il suo moto, il pelo dell'acqua si alza a monte dell' ostacolo, per potere colla maggiore elevazione acquistare la forza necessaria a superare l'ostacolo stesso. Ora dicesi *rigurgito* quell'alzamento sopra il pelo naturale della corrente che è originato da un qualunque ostacolo che si oppone al suo libero corso. Nè l'alzamento prodotto dall'ostacolo nella sezione che sta a monte dell'ostacolo stesso si limita a quella sezione, ma esso stesso è cagione di alzamento nella sezione successiva e così via, e l'alzamento si protrae all'insù per una certa lunghezza; dicesi *ampiezza del rigurgito* la distanza che corre dalla prima sezione rigurgitata fino a quella in cui l'influenza di un tale ringorgo è assolutamente insensibile. La curva che segna poi l'andamento della superficie libera in tutto il tratto rignrgitato dicesi *profilo del rigurgito*.

Scopo della teoria dei rigurgiti si è di assegnare l'altezza, l' ampiezza e il profilo del rigurgito quando sieno date le cause che lo hanno prodotto.

309. Invece di un'alzamento può alcune volte aversi uno sbassamento del pelo in una sezione di una corrente, come per esempio se dalla sponda avvenisse un forte efflusso di aqua per cui il livello dell'acqua al luogo della luce di scarico si sbasserebbe; allora lo sbassamento avvenuto in quella sezione darebbe origine ad uno sbassamento nella sezione successiva, e così via fino ad un certo tratto allo insù. In tal caso si dice avor luogo una *chiamata*, e quì pure si presenterebbe a considerare e l'entità dello sbassamento, e l'estensione della chiamata, e il profilo della corrente.

310. Quando il rigurgito o la chiamata avvengono per variazioni di altezza del pelo in una sezione senza che da ciò venga rotta la continuità della massa, come sarebbe per es. il caso di un fiume che sbocca in un altro per cui il livello di questo avesse a variare, allora si potrà sempre in simili casi applicare la teoria del moto permanente da noi esposta più sopra, e nessuna difficoltà si attraversa allora alla soluzione del problema, se non quella sola di quel poco di incertezza che involge tuttora la suddetta teoria. Considerata la sezione in cui avvengono le dette variazioni come sezione di sbocco, basterà valutare le variazioni ch' essa subisce, e poi si procederà come si è diffusamente spiegato nei capi VIII e IX.

311. Ma quando le variazioni sono prodotte da un ostacolo opposto alla corrente, allora la continuità della massa fluente viene alterata; la massa liquida viene partita dall'ostacolo, e sopra e sotto del detto ostacolo generalmente resta come stagnante una porzione del liquido, sulla quale la rimanente massa prende il suo corso, appunto come nel fluire dell'acqua dai fori, praticati sul fondo o nelle sponde dei recipienti, resta stagnante quella parte di liquido che sta compresa fra la superficie del gorgo e le pareti e il fondo del vaso. Si potrebbo dire formarsi a monte degli ostacoli come altrettanti gorghi quanti sono i detti ostacoli ed altrettante contrazioni a vallo; i quali gorghi e le quali contrazioni modificano la sezione della massa fluente per tutto il tratto a cui essi si estendono, di modo che l'area della sezione della massa liquida scorrente lungo quel tronco non è più eguale all'area della seziono del recipiente per entro il quale essa scorre. Il moto dell'acqua sarà bensì permanente, ma la se

zione S non è più quella del recipiente, nè è guari possibile di assegnare con quale regola l'una si possa dall'altra dednrre.

312. Vi sono però dne casi nei quali pare meno difficile il calcolare l'influenza di nn ostacolo sul corso di una corrente. Ciò ha luogo 1° quando l'ostacolo restringa la sezione tanto che, producendo nn fortissimo ringorgo a monte, l'acqua possa considerarsi come stagnante snperiormente all'ostacolo, nel qual caso l'acqua passa attraverso alla sezione lasciata libera dall'ostacolo come se fluisse da nna luce praticata nelle sponde di un recipiente; 2° quando l'ostacolo non faccia che restringere alcun poco la sezione, per cni il gorgo superiore e l'inferior contrazione si terminano a picoola distanza dall'ostacolo stesso; come avviene ad esempio dell'ostacolo opposto dai piloni e dalle spalle di un ponte.

313. Il primo dei casi superiori, per quanto almeno si attiene alla determinazione dell'altezza del rigurgito, non presenta alcuna difficoltà; esso è un semplice problema di foronomia, dovendosi alzar l'acqua fino ad acquistare il battente che si richiede perchè dalla lnce, lasciata libera, esca tanta acqua quanta è la portata del canale. Basterà dunqne a quest'uopo misnrare accuratamente questa portata, e poi a norma delle condizioni della luce calcolare il carico neoessario perchè dalla luce stessa esca quella quantità di acqua, donde si avrà tosto l'alzamento cercato. Nè in questo caso sarà guari più difficile l'assegnare l'estensione e il profilo del rigurgito come vedremo in seguito trattando di qnesti problemi.

314. Del secondo caso tratteremo a parte nel seguente capo, pei casi intermedii sarà gioco forza di giovarsi di particolari considerazioni secondo che essi si avvicinano più all'uno che all'altro dei casi contemplati, ed in questi soli, forse, sta la parte incerta e difficile della teoria dei rigurgiti.

Capo XII. Dell'altezza del rigurgito nel caso di un piccolo restringimento della sezione.

315. Restringendosi per una causa qualunque la sezione d'nna corrente, e dovendo passare per la sezione ristretta la stessa quantità d'acqua, dovrà in detta sezione aumentarsi la velocità dell'acqua, e quindi dovrà aumentarsi pur la caduta; l'acqna dunque si alzerà a monte della sezione ristretta, e il massimo alzamento si avrà là dove termina il gorgo, essendo ohe appunto egli è nello spazio del gorgo che

la velocità va crescendo così da raggginngere il limite richiesto al passaggio dell'acqua per la sezione ristretta, perchè la portata sia quella stessa delle sezioni superiori. Al di sotto poi di detta sezione la corrente non riescirà menomamente alterata, almeno oltre quel pnnto al quale si termina l'inferior contrazione.

316. Tutto il fenomeno avviene dunque nel tratto compreso fra il principio del gorgo e il termine della contrazione, tratto che nel caso attuale è piccola cosa, ed allora, essondo in questo piccolo tratto insensibile la natnrale caduta della superfioie libera, l'alzamento cercato sarà eguale alla cadnta totale fra la sozione ove principia il gorgo e la superfioie naturale e libera dell' acqna che, senza sensibile divario, può riputarsi che si conservi fino alla sezione ristretta. Se quindi diciamo x il cercato alzamento, S_0 l'area della sezione ristretta, S_1 quella della sezione ove ha luogo il massimo alzamento: se diciamo di più Q la portata della corrente e trascnriamo il termine dovuto alle resistenze fra qneste due sozioni ohe, per essere molto vicine, diventa piccolissimo in confronto del primo, dall'equazione (2) del § 302 posto x in luogo di P, avremo

$$(1) \qquad x = \frac{Q^2}{2g}\left\{\frac{1}{S_0^2} - \frac{1}{S_1^2}\right\}$$

Esprimendo, dalla conosciuta forma dell' alveo e della sezione ristretta, S_0 ed S_1 in fnnzione delle rispettive altezze dell'acqua, si avrà nn'equazione in x, che, risolta, darà l'alzamento cercato.

317. Rimarcando che l'alzamento prodotto da un restringimento della sezione è nna piccola frazione dell'altezza natnrale dell' acqua, se diciamo A la sezione natnrale della corrente libera dall'impedimento, L la sua larghezza in snperficie, e kA l'area della sezione ristretta; se di più esprimiamo con m nn coefficiente di ridnzione della sezione ristretta dovuto alla contrazione, che ha lnogo inevitabilmente nella seziono medesima, potremo porre

$$S_0 = mk \,.\, A\,; \quad \text{ed} \quad S_1 = A + L \,.\, x$$

e trascurare le potenze superiori alla prima della quantità $\frac{L \,.\, x}{A}$, che è sempre naturalmente assai piccola.

Sostituendo questi valori nella superiore, e risolvendola rapporto ad x avremo

$$(2)\quad x = \frac{1}{2}\cdot\frac{A}{L}\,\frac{\left\{\frac{1}{mk}+1\right\}\left\{\frac{1}{mk}-1\right\}}{\left\{\frac{A}{Q}\cdot\sqrt{g\cdot\frac{A}{L}}+1\right\}\left\{\frac{A}{Q}\sqrt{g\,\frac{A}{L}}-1\right\}}.$$

318. Molta incertezza regna veramente intorno al valore del coefficiente m che deve necessariamente variare al variare del modo secondo cui è prodotto il restringimento della sezione. Nel caso in cui il restringimento sia prodotto dalle pile di un ponte, secondo Eytelwein, sarebbe

$m = 0{,}95$ quando i piloni presentino alla corrente una faccia di cui la sezione sia un semicerchio o un angolo acuto.

$m = 0{,}90$ quando la sezione presenti alla corrente un angolo ottuso

$m = 0{,}85$ se la faccia presenta alla corrente un quadrato con un lato perpendicolare alla direzione della corrente stessa.

$m = 0{,}80$ nel caso il più svantaggioso di piccole arcate, e quando l'imposta dell'arco sta sotto il pelo della corrente;

però anche questi valori sono ancora incerti, nè si possono usare che in mancanza di meglio, e tenerli sempre in conto di valori approssimati e non più.

Per gli altri casi converrà regolarsi circa il valore di m sopra analoghi casi di contrazione osservati nella foronomia.

319. Qualora si giudichi sufficiente di esprimere l'area della sezione della corrente pel prodotto della sua larghezza per l'altezza ragguagliata, allora detta h l'altezza ragguagliata dell'acqua a corso libero; L la larghezza della sezione naturale ed l quella della sezione ristretta, sarà

$$A = L\,.\,h\,;\quad k = \frac{l}{L}$$

con che la (2) diventa

$$(3)\qquad x = \frac{h}{2}\cdot\frac{\left\{\frac{L}{ml}+1\right\}\left\{\frac{L}{ml}-1\right\}}{\left\{\frac{L\,.\,h\,.\sqrt{gh}}{Q}+1\right\}\left\{\frac{L\,.\,h\sqrt{gh}}{Q}-1\right\}}.$$

320. La formola snperiore basandosi sopra teorie non ancora accertate dall'esperienza, ha bisogno di essere confrontata colla medesima, per vedere quanto i suoi risultamenti si avvicinano al vero. Servono opportunamente a quest'nopo alcune esperienze di Fnnk eseguite sul Weser al ponte di Münden.

La larghezza del Weser poco sopra al detto ponte è $180^m,71$. Nel quadro seguente si hanno i confronti fra i risultamenti del calcolo e le altezze del rigurgito effettivamente osservate. I valori del coefficiente *m* sono quelli adottati dal Funk, il quale osserva però regnare molta incertezza intorno ai medesimi, a cagione delle differenti opere che circondano i piloni, e del vario modo con cui entra l'acqua sotto le volte degli archi al momento delle escrescenze.

Portata	larghezza della sezione ristretta	Altezza ragguagliata dell' acqua	Coefficiente	Alzamento	
				osservato	calcolato
$58^{m.c}$	$73^m,7$	$1^m,425$	0, 90	$0^m,050$	$0^m,016$
432	94, 6	2, 514	0, 90	0, 209	0, 220
779	88, 5	3, 890	0, 90	0, 261	0, 267
817	91, 3	3, 700	0, 90	0, 296	0, 302
735	91, 3	3, 352	0, 90	0, 314	0, 323
996	97, 6	4, 441	0, 81	0, 345	0, 342
1123	94, 8	4, 901	0, 81	0, 377	0, 383
1318	96, 0	5, 371	0, 81	0, 384	0, 426
2370	132, 4	5, 617	0, 81	0, 540	0, 559

Da questo quadro apparisce che la formola rende abbastanza bene i risultamenti dell'esperienza, quanto almeno si può desiderare in tali ricerche, dove ogni esatta determinazione sarebbe impossibile.

Ad un'analoga conseguenza condurrebbero pure le esperienze del Weisbach (Die experimental Hydraulick - Freiberg, 1855, pag. 212 e seg.) se la troppa esiguità degli apparati potesse ingenerare la lusinga di poterle estendere ancora agli ordinari casi della pratica.

Capo XIII. Dell'ampiezza e del profilo dei rigurgiti.

321. Per quanto spetta all'ampiezza ed al profilo del rigurgito, nel caso di sezione pochissimo ristretta, e quando l'alveo sia abbastanza regolare, a sponde parallele e pendenza uniforme, si potranno avere applicando al caso attuale l'equazione (4) del § 294, nella quale A e B essendo la sezione e il perimetro bagnato corrispondenti al moto uniforme con pendenza p, rappresenteranno la sezione e il perimetro bagnato naturale ad alveo libero, h l' alzamento massimo nella sezione sopra l' ostacolo, ossia l' altezza del rigurgito e z l'alzamento sul pelo naturale ad una distanza x dalla sezione medesima. Siccome l' alzamento dovuto al rigurgito in questo caso è sempre piccola cosa in confronto dell'altezza naturale media dell'acqua, così è sufficiente l'uso della (4), essendo manifestamente in qnesto caso φ così piccolo da potersi trascurare le sue potenze superiori alla prima senza tema di errore valutabile.

322. Ponendo nella (4) § 294 in luogo di a, m e q i loro valori, e ponendo pure in luogo di Q il suo valore espresso in funzione della pendenza in superficie, detta p la naturale pendenza della superficie libera, A la sua sezione, B il perimetro bagnato, l la sna larghezza in snperficie ed h l'altezza del rignrgito, dalla (4) avremo tosto la

$$(1)\quad \left\{1-\frac{1}{3}\,k.\frac{A}{l.B}\right\}p.x=h-z+\frac{1}{3}\left\{1-\frac{p}{gb}.\frac{l}{B}\right\}\frac{A}{l}.log.\frac{h}{z}$$

la quale rappresenta il profilo della corrente nel tratto rigurgitato.

323. Per qnanto spetta all'ampiezza del rigurgito la formola precedente direbbe veramente che, generalmente parlando, il rigurgito si estende su tutto l'alveo superiore; ma però ad una certa distanza più o meno grande, secondo che è maggiore o minore l'alzamonto prodotto dall'ostacolo, l'alzamento sul pelo naturale è così piccolo da doversi interamente trascurare, e basterà limitarsi a considerare una tale distanza.

Qui cade in acconcio di ripetere quanto ho detto superiormente al § 291, che cioè in pratica z si troverà più piccolo di quello che somministra la formola superiore e che quindi, calcolando in base alla stessa l' alzamento z ad una data distanza x dall'ostacolo, piuttosto peccheremo in eccesso

che in difetto, senza però aver mai a temere un errore assai forte.

324. Osservando che nell'equazione (1) il termine più influente è quello contenente il logaritmo, e che quindi x cresce al diminuire di z tanto più quanto è maggiore il coefficiente del detto termine, si ricaverà facilmente

1. che, mantenendosi le stesse A, B ed h, al crescere della pendenza diminuisce l'ampiezza del rigurgito

2. se la pendenza cresce tanto da rendere

$$\frac{p}{g \cdot b} \cdot \frac{l}{B} = 1 \tag{2}$$

od anche solo da rendere

$$\frac{p}{gb} = 1, \tag{2'}$$

attesochè in pratica l e B si possono prendere, almeno nei fiumi, sensibilmente eguali, sarà

$$\left\{1 - \frac{1}{3} k \cdot \frac{A}{l \cdot B}\right\} \cdot p \cdot x = h - z$$

e il rigurgito si terminerà assolutamente ad una distanza D dalla sezione, in cui ha luogo l'alzamento h, data dalla

$$D = \frac{1}{1 - \frac{1}{3} k \cdot \frac{A}{l \cdot B}} \cdot \frac{h}{p} \tag{3}$$

Siccome però nel tronco rigurgitato scema la velocità e che al diminuire della velocità cresce il valore di b così questo potrebbe succedere anche per pendenze minori di quelle date dalla (2) o dalla (2)'.

3. Se finalmente p cresce così da rendere

$$\frac{p}{gb} \cdot \frac{l}{B} > 1$$

sarà

$$\left\{1 - \frac{1}{3} h \cdot \frac{A}{l \cdot B}\right\} p . x = h - z - \frac{1}{3} \left\{\frac{p}{gb} \cdot \frac{l}{B} - 1\right\} \frac{A}{l} \cdot \log . \frac{h}{z}$$

dalla quale si scorge che x cresce solo fino ad un valore di z eguale a

$$\frac{1}{3} \left\{\frac{p}{gb} \cdot \frac{l}{B} - 1\right\} \cdot \frac{A}{l}$$

dove è massimo, e al qual punto il rigurgito si termina in un salto.

Ciò succede nei torrenti a fortissima pendenza, e tali sono appnnto i rigurgiti osservati dal Bidone.

325. Nel caso secondo contemplato precedentemente, per le correnti naturali essendo $\frac{k.A}{l.B}$ poco differente dall'unità, la formula (3) somministra

$$(4) \qquad D = \frac{3}{2} \cdot \frac{h}{p}.$$

Se ora immaginiamo pel punto più alto del rigurgito condotta nna orizzontale fino ad incontraro la superficie libera della corrente, e diciamo *ampiezza idrostatica* la distanza che corre fra la sezione ove ha luogo il massimo alzamento ed il punto ove la superficie libera è incontrata dall'orizzontale suddetta, sarà

$$\text{ampiezza idrostatica} = \frac{h}{p}$$

e quindi la (4) direbbe che l'ampiezza del rigurgito è eguale ad una volta e mezza l'ampiezza idrostatica.

Questa regola è nota sotto il nome di regola di ***Funk***, e, da quanto abbiamo detto, si scorge poter esser vera pel caso di forti pendenze, ma doversi altrimenti considerare come limite minimo soltanto, oltre il quale il rigurgito si estenderà ancora nè sempre così picoolo da potersi trascnrare.

326. Nel caso in cni la regola di Funk sia applicabile, la (1) dà

$$\left(1 - \frac{1}{3}\right) px = h - z$$

donde

$$(5) \qquad z = h - \frac{2}{3} p \cdot x$$

la quale si dice che in tal caso il profilo del rigurgito è una retta che passa pel punto più alto dell' alzamento prodotto dall'ostacolo, e pel punto della superficie libera che dista dalla sezione del massimo alzamento due volte e mezza l'ampiezza idrostatica; ossia che nel tratto rigurgitato la su-

perficie libera assume una pendenza uniforme eguale ai due terzi della naturale pendenza della corrente.

327. Le due regole rinchiuse nella (4) e nella (5) sono quanto di meglio ha finora suggerito la pratica rapporto all'ampiezza ed al profilo del rigurgito, ma quanto abbiamo precedentemente osservato ci farà stare guardinghi sulla loro applicazione, specialmente nel caso di piccole pendenze, nel qual caso esse potrebbero condurre a risultamenti troppo discosti dal vero.

Per mostrare ciò con un' applicazione numerica supponiamo che si abbia

$$A = 473^{m.q}; \quad B = 182^{m},73; \quad l = 168^{m},21; \quad Q = 817^{m}$$

e quindi

$$p = 0,00046$$

supposto $k = 3$, l'equazione (1) darà

$$0,0004529 \,.\, x = h - z + 1,9248 \,.\, log \,.\, \frac{h}{z}$$

dove il logaritmo è tabulare.

Ammettendo che sia $h = 0,30$ avremo gli alzamenti seguenti:

alla distanza di	969m	alzamento =	0,20
»	2468	»	0,10
»	3857	»	0,05
»	6917	»	0,01

laddove la regola di Funk avrebbe detto terminarsi il rigurgito alla distanza di 978m,30.

Io non azzarderei già di dire che gli alzamenti veri sarebbero eguali ai calcolati, ma crederei bensì che se avessimo applicata la regola del *Funk* avressimo avuto alzamenti di lunga mano inferiori a quelli che si presenterebbero realmente, sebbene la pendenza di 0,46 per chilometro non sia certo delle piccole.

328. Quando il rigurgito è prodotto da un forte restringimento della sezione, per cui si possa ritenere che l'acqua sia stagnante a monte del foro di efflusso, allora per un certo tratto la superficie libera dell'acqua nel canale sarà orizzontale ed all'altezza del massimo alzamento prodotto, o tale almeno potrà riputarsi perchè la sua pendenza in quel tratto sarà in ogni caso così piccola da potersi trascurare. Non però tutta la superficie del tronco rigurgitato si potrà ritenere orizzontale, ma soltanto fino a quel punto dove, per la pendenza della superficie libera, la sezione dell'acqua scorrente

si sarà fatta tale da riescire in essa sensibile la velocità dell'acqua, e allora considerando quella sezione come una sezione alterata, nella quale il livello si sia elevato di una data quantità, si potrà procedere da quella sezione allo insù basandosi sulle equazioni del moto permanente. Solo il giusto criterio dell'ingegnere potrà porgergli norma abbastanza approssimata per la scelta di questa sezione, a seconda del caso pratico che gli tocca di considerare.

Capo XIV. — Dei rigurgiti nei casi di sezione mediamente ristretta, e di alcuni casi che più frequentemente occorrono nella pratica.

329. Assai malagevoli riescono i problemi dei rigurgiti quando l'ostacolo sia tale che la sezione lasciata libera all'acqua sia molto ristretta senza però che lo sia tanto che l'acqua a monte della sezione stessa possa riputarsi stagnante. In questo caso il gorgo interno si estende molto allo insù e quindi non sarebbe per certo trasmutabile il termine $b.\ Q^2 \int_o^D \frac{C.\,dx}{S^3}$ dell'equazione (2) del § 302, nè è guari possibile di assegnarne il valore, non sapendo quanto si estenda il gorgo, nè essendo sperabile di riuscire ad assegnare la legge che lega nel gorgo stesso la sezione e il perimetro bagnato della corrente alla sua distanza dalla sezione ristretta, e ciò anche senza dare il peso che merita alla grave incertezza che in tal caso involgerebbe la stima delle resistenze. Non sarebbe dunque in questo caso assolutamente applicabile la teoria del moto permanente, e non sarebbe neppure possibile di supporre stagnante l'acqua a monte del foro di efflusso, una volta che la sezione dello stesso non ha un piccolissimo rapporto con quella del canale nel tratto rigurgitato.

Non è già dunque colla persuasione di dar regole molto sicure, ma soltanto allo scopo di suggerire pure una qualche norma di condotta che io mi faccio qui a considerare questo caso applicandolo specialmente alla soluzione di alcuni problemi particolari dei quali può tornare utile all'ingegnere di trovare una special discussione.

330. La velocità con cui l'acqua scorre per la sezione alterata della corrente può col pensiero partirsi in due, cioè I. in quella porzione della velocità di cui è dotata l'acqua

superiormente a quella sezione la quale è tuttavia conservata dalla stessa nel suo affacciarsi alla sezione alterata, e 2. nell'aumento di velocità che è mestieri ingenerare nell'acqua perchè dalla sezione alterata passi tanta acqua quanta ne porta il canale.

Il carico di efflusso, alla sezione alterata, verrà con ciò esso pure partito in due, cioè 1. nel carico cui è dovuta la velocità posseduta dall'acqua nel suo affacciarsi alla sezione alterata, e 2. nel carico necessario per ingenerare nella velocità quell'acceleramento che occorre perchè passi per la sezione alterata la stessa quantità di acqua che passa per ogni altra sezione della corrente.

331. Ammettendo che l'acqua conservi nella sezione alterata quella stessa velocità che aveva nella sezione ove è massimo l'alzamento prodotto dal rigurgito, questo conduce precisamente alla stessa equazione (1) del § 316; come pure supponendo che l'acqua perda tutta la sua velocità, dà la soluzione del caso di sezione così ristretta da ammettere che l'acqua a monto della sezione alterata si possa riputare stagnante. Se però la velocità conservata dall'acqua non sia che una porzione soltanto di quella posseduta dalla stessa nella sezione in cui ha luogo la massima altezza del rigurgito, perchè per la sua lontananza dalla sezione alterata in quel tratto intermedio i moti discordanti dell'acqua e le resistenze che ne nascono possono far perdere forza viva e quindi velocità, allora detta P la caduta totale dovrà essere

$$(1) \qquad \frac{u^2}{2g} - \alpha \cdot \frac{v^2}{2g} = P$$

essendo u la velocità media nella sezione alterata, v quella nella sezione del massimo alzamento ed α un coefficiente numerico rappresentante la parte di questa velocità che è tuttora posseduta dall'acqua nella sezione alterata.

332. Assai poco si può dire riguardo al valore di α, però guardando alle varie esperienze pare potersi asserire che quando il rapporto fra l'area della sezione alterata e l'area della sezione del massimo alzamento sia maggiore di $\frac{1}{2}$ ossia di 0,5, si possa riputare $\alpha = 1$ senza tema di valutabile errore; e quando un tale rapporto sia inferiore ad $\frac{1}{5}$ ossia a 0,2, possa ritenersi $\alpha = 0$.

Pei casi intermedii, stando ad alcune poche esperienze, sulle quali però io non potrei assolutamente garantire, parrebbe che quando un tale rapporto sia 0,4 si abbia in medio

$\alpha = 0{,}76$. Se quindi questi pochi dati sono attendibili si può accomodare la seguente formola di interpolazione

$$(2) \qquad \alpha^2 = (q - 0{,}2)\ (4{,}45 \,.\, q + 1{,}108)$$

esprimendo con q il rapporto fra l'area della sezione alterata, tenuto il debito conto della contrazione, e quella della sezione superiore ove è massimo il ringorgo.

Io non pongo qui questa formola che in mancanza di meglio, o nella speranza di sopperire in qualche modo al vuoto ora esistente, e fino a che più accurate esperienze vengano a recare maggior lume in questa ricerca.

333. Ciò premesso credo sufficiente di mostrare l' uso delle osservazioni precedenti nella soluzione di alcuni problemi che più frequentemente possono incontrarsi nella comune pratica dell'ingegnere, e ciò quale norma di condotta nei casi consimili, avvertendo che in fine le differenze non sono mai tanto gravi da dover dare alla questione un peso superiore a quello che merita effettivamente.

Problema I. Chiuso l' alveo della corrente mediante una diga in questa apresi una determinata luce di scarico, così ampia che l' acqua a monte della stessa non può per verun modo reputarsi stagnante, ma però non così grande da poter applicare al caso la teoria del moto permanente, almeno con speranza di ottenere risultamenti abbastanza attendibili; si domanda in tal caso l'altezza del rigurgito.

La luce può essere interamente sommersa o nò; il caso secondo và trattato come il primo, che è quello che per maggiore semplicità mi farò a risolvere, soltanto la formola riesce alcun poco più complicata, ma siccome non varia il principio regolatore così non trovo inconveniente alcuno nel lasciar un tal caso alla diligenza dello studioso.

Sia S l'area della luce, m il coefficiente di riduzione corrispondente alle circostanze speciali nelle quali trovasi la luce; sia Q portata del canale, A la sua sezione naturale, L la sua larghezza in superficie ed x il cercato alzamento. Evidentemente nella sezione del massimo alzamento la velocità media della corrente sarà

$$\frac{Q}{A + Lx},$$

e nella luce di efflusso

$$\frac{Q}{mS};$$

siccome poi nel nostro caso la caduta totale è appunto l'alzamento x cercato, così sarà

$$(3) \qquad \frac{Q^2}{2g\, m^2 S^2} - \alpha \frac{Q^2}{2g(A+Lx)^2} = x$$

la quale si pone tosto sotto l'aspetto

$$(4) \left\{1+\frac{L}{A}x\right\}^3 - \left\{1+\frac{Q^2 L}{2gm^2 S^2 A}\right\}\left\{1+\frac{L}{A}x\right\}^2 + \alpha\frac{Q^2 L}{2gA^3} = 0$$

Supposto da principio $\alpha = 0$ si avrà un primo valore di x, che diremo x_1, espresso da

$$x_1 = \frac{Q^2}{2gm^2 S^2};$$

con questo valore si calcolerà

$$q = \frac{mS}{A + L \cdot x_1}$$

che sostituito nella (2) darà un primo valore di α, che diremo α_1. Posto questo valore nella (4) avremo un nuovo valore di x, che diremo x_2, col quale si calcolerà nuovamente q, quindi un nuovo valore di α e così via fino a che si avranno due sucessivi valori della x i quali non differiscono che di quantità delle quali non si tien conto. Nel massimo numero dei casi è sufficiente la sola prima approssimazione.

Esempio. Sia $S = 7{,}32^{m.q}$; $m = 0{,}63$

$Q = 14{,}82^{m.q}$; $L = 6{,}21^{m}$; $A = 12{,}58^{m.q}$

L'equaziono (4) diventa

$$(1 + 0{,}4937 \cdot x)^3 - 1{,}26\,(1 + 0{,}4937 \cdot x)^2 + 0{,}0349 \cdot \alpha = 0$$

Per $x = 0$ è poi $x_1 = 0{,}527$, donde $q = 0{,}291$ ed $\alpha_1 = 0{,}46$. Con questo valore di α la precedente diventa

$$(1 + 0{,}4937 \cdot x)^3 - 1{,}26\,(1 + 0{,}4937 \cdot x)^2 + 0{,}0161 = 0$$

dalla quale si ha $x_2 = 0{,}506$

Siccome poi il valore di x_2 dà $q = 0{,}293$ e questo riproduce sensibilmento per α lo stesso valore così si potrà fermarsi tosto a quest'ultima approssimazione.

I casi estremi di $\alpha = 0$ e di $\alpha = 1$ somministrano gli alzamenti 0,527 e 0,483.

334. *Problema II.* L'acqua dalla diga si versa a mo' di stramazzo: determinare anche in questo caso l' altezza del rigurgito.

Qui pure possono presentarsi due casi; cioè 1° la cresta della diga è più bassa del livello naturale della corrente; oppure 2° la cresta della diga è superiore al detto livello. Risolverò il primo, dappoichè il secondo è subito risolto colle stesse norme, ma più semplicemente dell'altro.

Sia a la depressione della cresta della diga, supposta sempre orizzontale, sotto il livello naturale della corrente e sia l la larghezza dello stramazzo, supposto rettangolare, sia Q la portata della corrente, A la sua sezione in istato normale, L la sua larghezza in superficie, ed x il cercato alzamento.

Per la parte a si può valutare l'efflusso avvenire da bocca interamente rigurgitata sotto il carico $x + \alpha\frac{v^2}{2g}$, o per la parte superiore invece da uno stramazzo con altezza x o con carico puro $x + \alpha\frac{v^2}{2g}$; se quindi diciamo m il coefficiente di riduzione proprio alla nostra luce, ed m_1 quello relativo allo stramazzo, essendo

$$v = \frac{Q}{A + Lx}$$

avremo

$$(5)\quad Q = ml \cdot a \cdot \sqrt{2gx + \alpha \cdot v^2} + m_1 lx\sqrt{2g \cdot x + \alpha \cdot v^2}$$

dalla quale si avrà facilmente

$$(6)\quad \frac{Q^2}{2gl^2}\left\{1 + \frac{L}{A}x\right\}^2 - (ma + m_1 x)^2\left\{\left(1 + \frac{L}{A}x\right)^2 x + \alpha \cdot \frac{Q^2}{2gA^2}\right\} = 0$$

Per quanto spetta alla determinazione di α si procederà come nel precedente problema, cioè ponendo prima $\alpha = 0$ e calcolando x, e quindi

$$q = \frac{l\,(a + x_1)}{A + L \cdot x_1}.$$

Esempio. Sia $a = 0{,}32$ m; $l = 4{,}45$
$Q = 8{,}36^{m.c}$; $A = 9{,}17^{m.q}$; $L = 4{,}45^{m}$

essendo $l = L$ si prenderà $m = 0{,}635$; $m_1 = 0{,}424$, e con questi numeri la (6) diventa

$$0{,}18\{1 + 0{,}4852\}^2 - \{0{,}2016 + 0{,}4240 \cdot x\}^2$$
$$\{(1 + 0{,}4852 \cdot x)^2 \cdot x + 0{,}04238 \cdot \alpha\} = 0$$

Posto $\alpha = 0$ si avrà per determinare x l'equazione

$$0{,}4242 - \{0{,}2016 + 0{,}4240 \cdot x\}\sqrt{x} = 0$$

dalla quale in una prima approssimazione si ha $x_1 = 0{,}7$, donde $q = 0{,}37$, quindi $\alpha = 0{,}68$ che sostituito nella superiore somministra

$$x = 0{,}745$$

335. *Problema III.* Nella sponda d'un canale di determinata portata Q devesi aprire una luco di derivazione d'acqua alla quale si assegna una portata q, per ottenere la quale è mestieri produrre nel luogo ove va collocata la detta bocca un'alzamente k. Per ciò si intesta a valle il canale con una diga nella quale si schiude una luce mS; si domanda il valore di mS.

L'area della sezione del canale ove si schiude la luce di erogazione, dopo prodotto il fissato alzamento, sia A, e sia k_1 l'alzamento a valle della luce, cd A_1 la corrispondonte area della sezione del canale. Dato k per avere k_1 si potrà applicare la regola che i quadrati delle portate stanno come i cubi delle altezze, per cui, detta h l' altezza ragguagliata dolla corrente libera, avremo

$$(7) \qquad \frac{h + k_1}{h + k} = \left\{ \frac{Q - q}{Q} \right\}^{\frac{3}{2}}$$

Avuto da questa k_1 si avrà dalla nota forma del canale A_1, donde la velocità in questa ultima sezione che riescirà

$$(8) \qquad u = \frac{Q - q}{A_1}$$

e finalmente, dovendo dalla luco mS uscire la residua portata $Q—q$ del canale,

$$(9) \qquad mS = \frac{Q - q}{\sqrt{\left\{ 2gk_1 + \alpha \cdot \left\{ \frac{Q - q}{A_1} \right\}^2 \right\}}}$$

dove pel calcolo di α si seguirà lo stesso andamento dei problemi precedenti.

La soluzione suppone la luce di scarico aperta così da riescire interamente sommersa, ma egualmente facile riescirebbe il caso in cui la luce fosse parte sommersa, e parte nò, considerando separatamente la portata della porzione sommersa, la quale riescirà nota ogniqualvolta sia stato determinato l'alzamento k_1.

Esempio. Da una corrente in cui è $Q = 6{,}354^{m.c}$; $h = 1{,}26^{m}$ si vuole estrarre un quadretto Veronese d'acqua, dovendosi

collocare la soglia inferiore della bocca erogatrice a $1{,}15^{m}$ sopra il fondo del canale ; a quest'uopo s'intesta la corrente con una diga nella quale apresi una luce di scarico ; si domanda la luce mS, supposto che riesca interamente sommersa.

Essendo la luce Veronese un quadrato con lato di $0{,}3429^{m}$ e col battente di $0{,}0571^{m}$ l'alzamento al luogo della bocca sarà $k = 0{,}29^{m}$; la portata poi del quadretto Veronese essendo $q = 0{,}1454^{m.c}$ dalla (7) si avrà $k_1 = 0{,}237^{m}$, col qual valore calcolatasi l'area della sezione del canale suppongasi ch'essa riesca $A_1 = 5{,}76^{m.q}$. Dalla (6), posto prima $\alpha = 0$, si avrà

$$m\,S = 2{,}88^{m.q}$$

quindi

$$q = \frac{2,88}{5,76} = 0{,}50$$

e per la (2)

$$\alpha = 1$$

Sostituito questo valore di α superiormente, si avrà definitivamente

$$m\,S = 2{,}575^{m.q}$$

LIBRO QUARTO

Teoria dei canali regolati.

—

Capo I. — Nozioni e partizione.

336. *Canale regolato* dicesi quel canale che si conserva inalterato, perchè le acque che scorronvi per entro, per avere piccola velocità, sono inette a logorarne il fondo o le sponde, e per essere chiare, ossia per non trasportar seco materia, o per trasportare materia così leggera da non poterla deporre, non possono interrarlo.

Per questa ragione riesce sempre possibile di costruire tali canali così da soddisfare a quei fini particolari ai quali sono ordinati, e si distinguono dalle correnti ordinarie in ciò che queste, coll'altorare che fanno il proprio alveo, non si lasciano regolare se non che secondando in tutto la particolare indole loro; di modo che mentre possiam dirci padroni di quelli dobbiamo farci servi di queste.

337. Secondo i vari bisogni ai quali debbono prestarsi i canali regolati essi si partiscono in *canali di scolo, canali di irrigazione, canali di navigazione*, o *di navigazione e di irrigazione* insieme.

338. I canali regolati conservano per lunghissimi tronchi sezione regolare ed uniforme pendenza di fondo; la forma della sezione è trapezoidale con eguale inclinazione delle due scarpe; il fondo è generalmente dotato di piccola pendenza, solo in qualche raro caso può essere anche orizzontale.

339. Richiamando quanto da noi si è diffusamente discusso ai §§ 294, 295, 296 sarà facile lo scorgere che, eccettuato il caso di canali a piccolo corso, o di brevissimi tronchi, nei canali regolati, quando siavi pendenza di fondo, il moto dell'acqua è moto uniforme in tutti quei tronchi i quali sono dotati di sufficiente lunghezza: imperocchè, avvenendo anche variazioni di altezza nelle sezioni estreme, le dette variazioni non sono sentite dall'acqua scorrente pel canale che per una certa estensione, oltre la quale il moto diventa così regolare come se le dette variazioni non esistessero.

Se dunque vi è pendenza di fondo ai canali regolati

sarà sempre applicabile l'equazione del moto uniforme, e solo quando il fondo loro sia orizzontale si dovrà far uso della teoria del moto permanente a fondo orizzontale, da noi esposta con ogni dettaglio nel libro precedente.

340. Le questioni idrauliche relative ai canali regolati vestono poi particolare natura secondo la particolare specie del canale a cui si riportano: questo ci obbliga a dover partire le nostre ricerche in altrettante sezioni quanti sono i detti canali.

Non faremo scopo delle nostre ricerche che le sole questioni strettamente idrauliche, rimandando alle opere speciali per quelle che hanno attinenza sì ai detti canali, ma che sono estranee allo scopo del presente trattato.

341. Alcune volte, specialmente pel servigio delle officine, si costruiscono dei canali di piccolo corso ordinati a condur l'acqua alla macchina motrice; in questo caso se il canale è molto corto si dovrà considerare come una continuazione della bocca di erogazione, e trattarlo come si è veduto nella foronomia doversi trattare il caso di una bocca cui sussegue un canale; ma se il corso del canale, senza essere lunghissimo, fosse però ancora di una sensibile lunghezza, allora si potrà applicarvi la teoria del moto uniforme o del moto permanente, secondo il caso, congiungendovi la condizione che tanta acqua scorra pel canale quanta è la portata della bocca d'introduzione. È questione analoga a quella della così detta *presa dell'acqua*, che noi tratteremo nella seconda sezione di questo libro, ed alla quale rimando per tutto quello che può interessare nella questione speciale ora accennata.

Sezione I. — Canali di scolo

—

Capo II. — Nozioni.

341. Dicosi *Canale di scolo* quel canale che è ordinato a raccogliere e portar oltre le acque che cadono per pioggia sopra una determinata estensione di terreno; acque che qualora ristagnassero soverchiamente sopra il terreno medesimo ne manderebbero a male i raccolti e farebbero impossibile qualunque accurata coltivazione.

I canali di scolo appartengono ai canali regolati perchè

in essi la velocità dell'acqua è sempre assai piccola, e perchè l'acqua non porta seco che humus e materie terree estremamente leggere.

343. L'acqua di pioggia che sopravvanza a quella richiesta per la vegetazione va a raccogliersi in fossatelli conterminanti i varii terreni, e da questi passa in fossi più ampi, donde *ai canali secondari di scolo* i quali la portano allo *scolo principale*, dove vanno a raccogliersi tutte le acque dei varii appezzamenti ai quali lo scolo stesso deve servire. Nei vasti comprensorii questi scoli principali immettono in un canale più ampio, che dirò *scolo generale*, e da questo vengono poi definitivamente asportate oltre.

Noi non prenderemo in esame che lo scolo generale, giacchè quanto saremo per dire riguardo allo stesso si potrà assai facilmente applicare allo scolo principale non che ai secondari.

344. Perchè le acque che cadono sopra i terreni possano avere scolo è mestieri che i terreni stessi sieno più elevati del pelo del recipiente che deve raccoglierle. L'ultimo recipiente essendo il mare, sarà teoricamente possibile lo scolo ogniqualvolta il livello del terreno sia superiore al livello del mare, e quando ciò non abbia luogo, lo scolo non potrà naturalmente ottenersi, ma sarà necessario ricorrere a particolari artificii. Diconsi *naturali* quei scoli pei quali le acque possono naturalmente fluire; *artificiali* o *meccanici* quelli pei quali occorre un macchinismo da cui le acque vengono espulse.

345. Non sempre mette conto di condurre uno scolo direttamente fino al mare, ma è bastevole assai spesso di condurlo a far foce in un fiume, facendo profitto dell'alveo di questo perchè le acque possano condursi insieme al comun recipiente. In questo caso se il livello dei terreni è sempre e dovunque più elevato del livello di massima piena del fiume, allora le acque del terreno stesso possono sempre essere ricevute dal fiume, e lo scolo dicesi allora *perenne*. Non è però impossibile lo scolo anche quando il livello di piena del fiume sia superiore al livello dei terreni che devono scolare in esso, bastando a quest'uopo che questo livello sia superiore a quello di media acqua od anche di magra del fiume; ma allora non è più possibile di scolare le acque se non quando il fiume sia in tali condizioni da poterle ricevere, e allora lo scolo dicesi *temporario*.

346. Per assicurare un buon asciugamento ai terreni

non basta accomodare uno scolo capace dell'acqna snperflua che cade sui terreni medesimi, essendo per sè evidente che a nulla varrebbe avere un accomodato canale di scolo generale, se poi gli scoli principali ed i secondari fossero inetti a condurvi a tempo opportuno le acque; la questione dell'asciugamento è dunque più complessa, e abbraccia tanto le ricerche necessarie per accomodare opportuni canali di scolo, quanto quelle che si riportano alla loro distribuzione perchè lo scopo finale venga raggiunto nel miglior modo possibile. Noi dunque dovremo studiare a parte e il modo con cui calcolare le dimensioni le più opportune da darsi ad uno scolo, e le norme che si devono seguire per nna buona sistemazianc degli scoli di un dato comprensorio.

347. Le ricerche inerenti agli scoli naturali si differenziano essenzialmente da quelle che spettano agli scoli artificiali, pei quali il problema si complica per un nuovo elemento, qnale è il lavoro che occorre dispendiare per raggiungere lo scopo desiderato. Noi considereremo quindi a parte il problema degli ascingamenti artificiali, essendo che la speciale loro natura ci obbliga ad entrare anche in speciali considerazioni.

348. Quando il canale di scolo è dotato di pendenza di fondo, allora il moto dell'acqua nel canale stesso è moto uniforme, in cui la snperficie libera è parallela al fondo; se quindi diciamo p la pendenza del fondo, L la larghezza della sezione sul fondo, h l'altezza dell'acqua contata dal fondo del canale, n la pendenza delle due scarpe, Q la portata dello scolo, fra le predette quantità sussisterà l'equazione § 280,

$$(1) \qquad p \left\{ L + nh \right\}^3 . h^3 = b \left\{ L + 2h\sqrt{1+n^2} \right\} . Q^2$$

Che se il fondo dello scolo sia invece orizzontale allora si potrà applicare allo stesso o l'equazione (6) del § 287, od anche semplicemente l'equazione (8) del § 288, nelle quali equazioni, se riferiamo le quantità L ed h all'ultima sezione a valle del tronco che si considera, sarà

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} A = (L + nh)\, h; \quad B = L + 2h \,.\, \sqrt{1+n^2} \\ l = L + 2n \,.\, h, \quad k = 2\sqrt{1+n^2} \end{array} \right.$$

In quanto al valore di b, nei huoni scoli in cui la velocità è sempre molto piccola, si dovrà prendere (§ 278)

$$b = 0{,}00045$$

349. Dalle precedenti equazioni si può facilmente raccogliere un'importantissima massima idraulica, cioè che

« a sbassare in uno scolo il livello dell' acqua rapporto ai circostanti terreni più vale il profondarne l'alveo di quello sia l'allargarlo. »

Se infatti noi supponiamo che la larghezza L cresca della quantità mL e che l'altezza h cresca di mh, e diciamo $\left(\frac{dp}{dL}\right) dL$ e $\left(\frac{dp}{dh}\right) dh$ le rispettive variazioni in meno della pendenza che ne conseguono, sarà facile di ricavare dalla (1)

$$\left(\frac{dp}{dh}\right)dh - \left(\frac{dp}{dL}\right)dh = mp. \frac{L^2 + \{7.n - 2\sqrt{1+n^2}\}L.h + 10.n\sqrt{1+n^2}.h^2}{\{L+nh\}\ \{L+2h\sqrt{1+n^2}\}}$$

Ora essendo sempre negli scoli $n > 1$ si scorge essere sempre $\left(\frac{dp}{dh}\right) dh > \left(\frac{dp}{dL}\right) dL$, donde si conchiude che un profondamento diminuisce sempre più la pendenza di un proporzionale allargamento. Richiamando poi quanto si è detto al § 290 si scorge facilmente che questa conseguenza può estendersi eziandio a quegli scoli nei quali il fondo fosse orizzontale.

Questa massima congiunge pur anco il vantaggio di risparmiare terreno coltivabile, potendosi raggiungere con una maggiore profondità lo stesso effetto che si avrebbe da una maggiore larghezza.

350. Le precedenti equazioni vengono opportune alla soluzione del problema di assegnare la larghezza che si deve dare ad uno scolo perchè possa utilmente prestarsi a raggiungere lo scopo al quale è ordinato, ogniqualvolta si faccia prima un'esatta stima degli elementi Q, p, h, ed n che entrano nell'equazione medesima, il che ci proponiamo di fare nel capitolo seguente.

Capo III. — Stima della portata, della pendenza, e dell'altezza dell'acqua in uno scolo. Calcolo della larghezza.

351. *Stima della portata.* Prima di procedere alla stima di questo primario elemento debbo richiamare una massima di savia economia, che cioè in qualunque opera industriale

eccetto il caso di speciali circostanze, basta cercare il bene, perchè assai spesso il dispendio necessario per ottenere il meglio supera di tanto l'utile che se ne può trarre da ingenerare il pericolo che venga lasciato il bene per impossibilità di raggiungere il meglio, e si confermi la trista massima che il meglio è il nemico più grande che abbia il bene. Quando l'ingegnere ha assicnrato un buon scolo ai terreni, non deve preoccuparsi di quei casi di grandissime e straordinarie pioggie, che, replicandosi soltanto a lnnghi intervalli di tempo, devono aversi in conto di quegli infortnnii accidentali che colpiscono di tratto in tratto l'industria agricola. Ciò premesso, sarà dnnque sufficiente di ordinare le cose in modo che l'acqua che può cadere per pioggia, nelle circostanze più ordinarie, sopra il dato terreno in ventiqusttr'ore, e che sopravvanza a quella che va perduta pella evaporazione e pegli infiltramenti, venga scaricata pure in ventiqattr'ore dagli scoli. A valutare quindi la probabile portata massima dello scolo basterà valutare quanta acqua pnò cadere in ventiquattr'ore sopra quel terreno al quale deve servire lo scolo e quanta di qnest'acqna vada perduta per infiltramento e per evaporazione.

352. Per fare stima abbastanza approssimata della quantità di acqna che cade per pioggia converrà ricorrere ai dati meteorologici raccolti sul luogo, o nei luoghi vicini che trovansi in circostanze simili, e preso un periodo d'anni, quanto più esteso tanto meglio, si cercherà il mese maggiormente piovoso, e la maggior copia d'acqua caduta in detto mese, esclusi i casi di straordinarii acquazzoni, che devonsi avere in conto di casi eccezionali. Dai medesimi registri si avrà poi il numero dei giorni piovosi di detto mese e, per uniformarsi alla massima superiore, basterà in cisscun anno dividere la massima quantità di acqna cadnta pel numero dei giorni piovosi, e con ciò si avrà la massima quantità di pioggia che, nelle ordinarie circostanze può cadere snl terreno che si considera nel periodo di 24 ore.

Così, ad esempio, consultando i dati meteorologici di Padova nell'nltimo ventennio, si troverà che il mese maggiormente piovoso è l'ottobre, e che in detto mese la massima quantità di pioggia caduta in 24^h corrisponde ad una altezza di m. 0,014 esclusi gli anni 1846 e 1850 come anni eccezionali, e nei quali fu rispettivamente di m. 0,02 e di m. 0,0199.

353. In quanto alla quantità di acqua che va perduta

per evaporazione e per infiltramento, qnesta dipende e dalla stagione, e dalla ventilazione, e dalla qualità del terreno così che riesce assai difficile il poter dare una regola generale applicabile ad ogni caso; credo però in medio potersi valutare in dne quinti dell'acqua totale quella che va così perduta, e mi parrebbe essere nn po' in contraddizione colla massima fondamentale posta iu principio il portarla ad un solo qnarto, come dubiterei di fare stima inferiore al vero valutandola ad nna metà. Non nego potervi essere dei casi eccezionali nei quali queste due stime possano essere abbastanza prossime al vero, ma dubiterei molto della loro applicabilità in generale. Si giudica, pare a me, assai male qnando si paragonano le portate degli scoli a quelle medie delle correnti in rapporto alle pioggie che cadono sovra i corrispondenti bacini, perchè non credo potersi stabilire eguale accordo circa il tempo del deflusso. Avendomi una lunga esperienza mostrata l'opportunità della regola da me data superiormente così io la consiglio agli altri, pronto ad accettarne una di meglio quando numerosi fatti venissero a consigliarmela.

In base a ciò, per es. nei terreni intorno a Padova si potrebbe valutare che l'aqua di pioggia che va perduta per le cause accennate nel mese di ottobre corrisponda ad un altezza di m. 0,0056.

354. Abbiamo supposto che lo scolo non debba convogliare che la sola acqua che cade per pioggia sopra l'estensione del terreno a cui deve servire, egli è per sè evidente che se in detto terreno vi fossero delle sorgive allora all'acqua valutata superiormente si deve agginngere quella proveniente dalle dette sorgive, e questa senza alcnna sottrazione.

355. *Misura della pendenza.* Per non sottostare a lavori eccessivi di sterro la pendenza del fondo di nno scolo non può guari discostarsi da quella delle campagne che attraversa e quindi, dovendosi procedere all'addattamento di un opportuno sistema di scoli per nn dato comprensorio, converrà far precedere nn'accurata livellazione dei terreni costituenti il comprensorio medesimo, cercando di farsene un disegno per sezioni orizzontali quanto più accurato è possibile. Fissato il punto di scarico al quale si termina lo scolo generale si cercherà di condurre il detto scolo per la linea maggiormente depressa, e ciò allo scopo di farlo capace a ricevere più facilmeante gli scoli principali, e si valuterà che la pendenza del fondo del detto scolo sia quella pen-

denza media che ha la linea seguita, o almeno non superiore per certo a questa media pendenza, potendosi fare d'altra parte minore, se con maggiore dispendio però, con reale vantaggio dello scolo.

Partendo dalla soglia inferiore dello sbocco dello scolo generalo e venendo all'insù colla pendenza data al suo fondo, si avrà l'elevazione di quel punto di detto scolo ove immetto un dato scolo principale, il quale a partire da quel punto ci condurrà per la linea maggiormente depressa di quella zona di terreno alla quale esso deve servire, stabilendo la pendenza del fondo di detto scolo non maggiore della pondenza media di questa linea. Nello stesso modo si opererà per gli scoli secondarii.

Qnando il livello medio dei terreni sia molto basso assai spesso torna conto di condurre il fondo dello scolo generale orizzontale, e ciò per la ragione dimostrata al paragrafo 290.

356. *Misura dell'altezza dell'acqua.* Quel franco che deve restare fra la superficie del terreno o il livello dell'acqua nello scolo, affinchè possa aver luogo un conveniente scarico delle acque, varia al variare della coltivazione, perchè ad esempio i prati esigono un franco assai minore di quello che è richiesto per un terreno su cui si oserciti la coltivazione e di suolo e di soprasuolo. In quest'nltimo caso stimasi abbisognare un franco di $0^{m},60$, ma questo franco può essere ridotto a $0,^{m}20$ pei prati, e in qualche caso anche a meno.

Ciò premesso riescirà assai facile il conoscere quanta altezza d'acqua possiamo tollerare nei nostri scoli, attesochè basterà condurre all'insù il fondo dei varii scoli, intestato convenientemente alla lor foce, e misurata la sua depressione sotto il livello dei terreni, da quosta si sottrerà il franco richiesto ed il residuo darà quell'altezza che non deve mai essere superata dall'acqua nello scolo che si considera.

357. Per quanto spetta alla pendenza n delle scarpe questa dipende dalla qualità del terreno, ma suolsi usare la ragione sesquialtera, cioè suolsi porre $n = 1{,}5$, e ciò principalmento perchè dilatandosi con ciò maggiormente lo scolo può servire più acconciamente come recipiente dell'acqua, se avvenga il caso di pieggie eccedenti, presentando alla stessa una maggiore capacità, o liberando meglio il terreno.

Misurate le quantità Q; p; h ed n si avrà facilmente

dalle equazioni superiori la larghezza L da darsi al fondo dello scolo, come ci faremo ora ad esporre per norma noi due problemi seguenti.

358. *Problema I.* Dato il valore delle quantità Q; p; h ed n assegnare la larghezza L che deve avere il canale.

Se nell'equazione (1) del § 347 poniamo

$$(1) \qquad L = y - nh$$

l'operazione stessa prende facilmente la forma

$$(2) \quad y^3 - \frac{b}{p} \cdot \frac{Q^2}{h^3} \cdot y - \frac{b}{p} \cdot \frac{(2\sqrt{1+n^2} - n)\, Q^2}{h^2} = 0$$

Risolvendo questa equazione del terzo grado si avrà y e quindi, dalla superiore (1), la cercata larghezza L.

Nella pratica i valori di Q; p; h; ed n sono tali che qualche volta le tre radici della (2) potrebbero essere tutte e tre reali; essa allora cade nel caso irreducibile e per avere il valore di y, e quindi di L, si porrà

$$(3) \quad \cos . 3A = + \frac{3\sqrt{3} \cdot (2\sqrt{1+n^2} - n)}{2 . \sqrt{b}} \cdot \frac{h^2 . \sqrt{p . h}}{Q}$$

e calcolato da questa il valore di A, si avranno i tre valori

$$(4) \quad \begin{cases} y' = \dfrac{2 . \sqrt{b}}{\sqrt{3}} \cdot \dfrac{Q}{h . \sqrt{ph}} \cos . A \\ y'' = \dfrac{2\sqrt{b}}{\sqrt{3}} \cdot \dfrac{Q}{h\sqrt{ph}} \cos . (120^\circ + A) \\ y''' = \dfrac{2\sqrt{b}}{\sqrt{3}} \cdot \dfrac{Q}{h\sqrt{ph}} \cos\ (240^\circ + A) \end{cases}$$

Se, come d' ordinario, è $n = 1{,}5$, essendo $b = 0{,}00045$ si avranno le formole

$$(5) \qquad \cos 3A = + 257{,}87 . \frac{h^2 \sqrt{ph}}{Q}$$

$$(6) \quad \begin{cases} y' = 0{,}024494 . \dfrac{Q}{h\sqrt{ph}} \cdot \cos A \\ y'' = 0{,}024494 . \dfrac{Q}{h\sqrt{ph}} . \cos (120^\circ + A) \\ y''' = 0{,}024494 . \dfrac{Q}{h\sqrt{ph}} \cdot \cos (240^\circ + A) \end{cases}$$

essendo

$$log.\ 257,87 = 2,41140;\quad log.\ 0,024494 = 8,38907$$

Dei tre valori di y'; y''; ed y''' due sono negativi ed uno positivo e quest' nltimo sarà il valore cercato. Negli altri casi si procederà coi metodi ordinarii.

359. *Problema II.* Assegnare la larghezza da darsi al fondo di uno scolo essendo il fondo stesso orizzontale, e dovendo lo scolo convogliare nna determinata qnantità Q di acqua così cho quando alla foce l'altezza dell'acqua è h ad una data distanza x dalla foce stessa l'altezza sia unicamente $h + z$.

Sostituendo nolla eqnazione (6) del § 287 in luogo di A; B; l; e k i valori loro dati dalle (2) § 348, si avrà una equazione dove non vi ha di incognita che la L, e che si risolverà ool metodo dei tentativi applicandovi la soln-zione replicatamente esposta superiormente ai §§ 298, 299 ecc.

Si terrà conto di qnel numero di termini cho occorre, a seconda dei valori di x e di z.

360. Può succedere che uno scolo già costruito si mostri inefficace allo scopo venendo l'acqua così elevata da impedire il felice scarico degli scoli secondarii immitenti nello stesso, allora la questione da risolvere è quella di cercare quali variazioni convien recare o nella larghezza, o nella pendenza, o nello abbassamento del fondo a qnello scolo perchè l'acqua nello scolo stesso si sbassi di tanto di qnanto l'esperienza dimostra essere necessario pel felice definsso degli scoli secondarii, sbassamento che sarà dato in ogni caso particolare. Conosciuto lo sbassamento si cercherà in primo luogo se e quanto è possibile di diminuire la pendenza del fondo, e se con opportuno cambiamento dollo sbocoo si possa sbassare il fondo conducendolo anche, ove fosse di bisogno, orizzontale; segnata la nuova linea del fondo non si avrà che ad applicare o l'uno o l'altro dei due problemi precedenti secondo che il fondo conservi una qualche pendenza, oppure sia orizzontale.

361. Fin ora si è snpposto che lo scolo sia perenne, ma se lo scolo fosse temporario allora evidentemente le dimensioni calcolate superiermente riescirebbero troppo scarse al bisogno, e perchè è mestiori ehe lo scolo si scarichi celeremente durante il tempo in cui è possibile l'efflusso, per trovarsi vuoto e capace di contenere l'acqua qnando qnesto è impedito, e perchè durante il tempo di sosta bisogna che l'acqua trovi un bacino molto capace ove potersi raccogliere.

Le condizioni di scarico sono così intimamente legate alla natura del fiume in cui immette lo scolo che riesce assolutamente impossibile il dare per ciò una regola generale; la regola pratica che ora suggerisco, quando possa usarsi, è l'unica chè può guidare ad una buona soluzione della questione.

Si cerchi uno scolo il quale immetta nello stesso fiume nel quale dove immettere lo scolo da costruirsi a nuovo o da regolarsi, quanto più possibilmente vicino allo sbocco di questo, e tale che una lunga esperienza abbia assicurato essere un buon scolo. Trovato questo scolo si calcoli la larghezza del suo alveo come se fosse uno scolo perenne e, misurata la sua vera larghezza, si trovi il rapporto fra la prima e la seconda, rapporto che esprimeremo con m. Ciò fatto, si calcoli la larghezza, che dovrebbe avere il nostro scolo se fosse perenne e divisala per m si avrà la larghezza da darsi allo scolo medesimo, essendo assai presumibile che con ciò si debba ottenere pel nostro scolo quella felicità di cui è dotato l'altro.

362. *Esempio* 1. Si vuole provvedere allo scolo di una estensione di terreno di quarantamille pertiche censuarie, per es. nelle vicinanze di Padova; la pendenza media del terreno che deve attraversare, e quindi la pendenza del suo fondo, è di 45 millimetri per chilometro, ed è necessario che l'acqua non si elevi sopra il fondo dello scolo oltre i metri 1,86; si domanda la larghezza da darsi allo scolo generale, supposto perenne.

Pei terreni conterminanti Padova essendo § 352, 353, $0^m,014$ l'altezza di pioggia e $0^m,0056$ quella dovuta agli infiltramenti ed alla evaporazione, dovrà lo scolo convogliare una quantità d'acqua eguale ad un prisma avente per base quaranta mille pertiche censuarie e per altezza $0^m,0084$ sarà quindi

$$Q = 3^{m.c},889 \quad p = 0,000045 \quad h = 1^m,86$$

supponendo, come è d'ordinario, $n = 1,5$, la (2) diventa.

$$y^3 - 23,503 \,.\, y - 92,045 = 0$$

quindi una sola radice è reale, e coi soliti metodi si troverà

$$y = 6,1945$$

e la (1) darà

$$L = 3^m,4045$$

2. Supponendo che nel caso precedente si voglia condurre il fondo dello scolo orizzontale alla foce e si prescriva che, essendo l'altezza dell'acqua alla foce $1,^m86$, alla

distanza dalla foce stessa di cinque chilometri il livello non deva elevarsi che di $0^m,15$, si domanda la larghezza dello scolo.

Essendo l'elevazione $0^m,15$ assai piccola potrà usarsi dell'equazione (6) limitata soltanto al quadrato di z, e allora supponendo nelle equazioni (2) del § 348, e nella stessa (6), sostituiti i dati precedenti si formeranno le

$$A = 1,86 \,.\, L + 5,1894; \quad B = L + 6,7062; \quad l = L + 5,58$$

$$226,86 \,.\, \frac{B}{A^3} + 1,5423 \,.\, \frac{l}{A^3} + 0,2704 \,.\, \frac{1}{B} - 0,2250 \,.\, \frac{l}{A}$$

$$- 0,4171 \,.\, \frac{l}{BA^3} - 1 = 0 \,.$$

Applicando il metodo del § 298 proveremo i numeri

$$L_1 = 3^m,70; \quad L_2 = 4^m,00; \quad L_3 = 4^m,30$$

che sostituiti nelle precedenti daranno

$$M_1 = 0,20322; \quad M_2 = 0,06753; \quad M_3 = -0,04805$$

donde si formeremo

$$M_{1,2} = -0,4523; \quad M_{2,3} = -0,3853; \quad M_{1,2,3} = 0,1117$$

quindi l'equazione

$$0,1117 \,.\, L^2 - 1,3124 \,.\, L + 3,5299 = 0$$

dalla quale avremo le due radici

$$L = 7,5204; \quad \text{ed } L = 4,2026$$

delle quali dovremo prendere la seconda perchè compresa fra i due valori di L per cui l'equazione muta di segno. Stabiliremo adunque definitivamente

$$L = 4^m,21$$

Capo IV. — Norme per la sistemazione degli scoli di un vasto comprensorio

363. Ad assicurare l'asciugamento dei vasti comprensorii mediante opportuni canali di scolo è mestieri aver sempre presenti alcune avvertenze suggerite e dalla ragione e dalla esperienza, le quali credo opportuno di qui raccogliere e brevemente discutere. In quanto sarò per dire s'intende che i terreni del comprensorio che si considera sieno di quelli di pianura, e di pianura anche piuttosto bassa, perchè altrimenti lo scolo non ammette gravi difficoltà, e la natura

istessa suggerisce a ciascuno il modo di maneggiare le acque cadenti sovra i terreni molto elevati.

364. I. In primo luogo è necessario di separare le acque che cadono sui terreni bassi da quelle che cadono sui terreni più elevati, conducendole isolatamente per proprio canale di scolo, senza di che i terreni bassi o saranno impossibilitati allo scarico delle proprie acque, o almeno ne saranno soverchiamente danneggiati.

Egli è infatti evidente che, supponendo riunite in un solo scolo le dette acque, quando sopravvenga una pioggia le acque dei terreni alti, per avere maggiore caduta, andranno tosto a raccogliersi nello scolo comune, riempiendolo, il quale così pieno sarà inetto a ricevere le acque dei terreni più bassi, che dovranno perciò elevarsi soverchiamente nei proprii scoli e nei fossi, e ristagnare pur anco sui circostanti terreni; e quando col tempo, pel continuo deflusso, l'acqua nello scolo comune si sarà così sbassata da potere permettere lo scolo dei terreni bassi una nuova pioggia verrà a riempierlo novellamente, e così essi terreni saranno di nuovo impossibilitati allo scarico delle proprie acque pel soverchio riempimento dello scolo prodotto dalle acque che, cadute sui terreni alti, vanno tosto a riempirlo. Che se invece ciascuna delle dette parti avrà proprio scolo, ciascuna scolerà quanto potrà senza che l'una rechi nocumento allo scolo dell'altra.

La norma precedente deve essere tanto più scrupolosamente seguita quanto maggiore sarà la proporzione dei terreni alti ai bassi, e quanto maggiori le differenze di elevazione.

365. Quando i terreni alti sieno sparsi fra mezzo i terreni bassi, ed anche quando la porzione di terreni alti sia piccola in paragone di quella costituita dai terreni bassi, allora non vi ha più o possibilità o tornaconto a costruire pei terreni alti un apposito scolo, e allora dovranno unirsi ai terreni bassi, ma, ad attenuare lo svantaggio che potrebbero risentire, si muniranno o di saracinesche o di porte a vento gli sbocchi degli scoli dei terreni alti nello scolo comune, le quali dovranno restar chiuse fino a tanto che l'acqua accumulatasi in detti scoli, può tornare di nocumento ai relativi terreni, ed aprirsi quando questo succeda; ma intanto una grande parte dell'acqua caduta sui terreni bassi si sarà scaricata, e lo scolo comune potrà ricevere l'acqua dei terreni alti senza che i bassi ne abbiano a provare nocumento soverchio.

366. Se l'acqua, scendendo con molta velocità da terreni assai elevati, trascinasse seco materia pesante, allora non si potrebbe introdurre così come è nello scolo comune chè, interrandolo, lo danneggierebbe aumentandone la pendenza, con manifesto danno degli altri scoli tutti immittenti nello stesso. Si provvede costruendo al basso delle *vasche* così dette *depuratrici*, dove, raccogliendosi l'acqua prima di procedere avanti nello scolo, perdendo la sua velocità, deposita la materia asportata, ed entra quindi limpida nello scolo stesso. Le dotte vasche vanno vuotate di tempo in tempo.

367. II. In secondo luogo si cercherà sempre di condurre lo scolo a scaricarsi nel punto il più basso permesso dalle circostanze speciali.

Egli è infatti evidente per sè stesso che quanto più basso sarà il punto di scarico e tanta maggiore cadente avrà la scolo, e tanto più facile riescirà quindi lo scarico delle sue acque.

Per ciò se lo scolo si conduce a scaricarsi in un fiume vi sarà sempre tornaconto a condurlo a sboccare quanto più a valle si può, e ciò anche quando per raggiungere questo scopo si dovesse allungare di altrettanto la linea dello scolo perchè, le pendenze degli scoli essendo sempre minori di quelle dei fiumi, a eguale distanza da un punto qualunque a valle di un fiume l'acqua di uno scolo immittente nello stesso sarà sempre più bassa di quella del fiume.

Per la stessa ragione se è dato di sciegliere fra lo immettere lo scolo in un influente od in un recipiente, mette sempre conto di condurlo a far foce nel recipiente, perchè l'acqua nel recipiente, appunto perchè recipiente, è sempre più bassa di quella dell'influente, e la pendenza del recipiente, perchè più grosso, minore di quella dell'influente.

368. Se, per trovar punto convenientemente depresso si è costretti condurre lo scolo fino al mare, allora non è possibile sperare che lo scolo si tenga sgombra la foce, a meno che lo scolo non sia tanto potente da potersi paragonare ad un fiume. In questo caso bisognerà congiungere lo scolo ad un fiume in vicinanza alla foce di questo, dove il livello dell'acqua è anche quello assai prossimamente del mare. Il fiume allora presta solo il suo aiuto a tenere sgombra la foce.

Se si condurrà lo scolo in una laguna, allora potrà anche immettersi francamente nella stessa, perchè in quelli stagni il mare non ha tendenza a formarsi le sue *dune* o

albaioni, o non ingombrerà menomamente la foce dello scolo, il quale sarà idoneo a tenersela sgombra senza ainto straniero.

369. Per questa stossa ragione, e perchè tanto è migliore lo scolo quanto è più profondo, il fondo dello scolo dovrà sbassarsi quanto più si può sotto il pelo dell'acqna di quel recipiente dove ha esito; il che però devesi intendere di quei casi nei quali lo condizioni dei terreni richiedono che si debba procurare allo scolo tutta la possibile felicità. Un tale sbassamento non si farà però mai fino sotto il fondo del fiume o della palude o del recipiente dentro del quale si apre, essendo un getto inutile e di spesa e di fatica; e neppuro si condurrà fino a questo fondo quando la necessità non lo richieda.

Bensì se lo scolo mette in una palude in allora è mestieri di prolungare l' escavazione fino al luogo il più profondo, che ordinariamento si trova molto addentro. La terra escavata dovrà gettarsi molto lungi, non dovendo lo scolo nell'interno della palude essere ristretto fra argini, perchè quanto più presto le acque correnti trovano il pelo dell'acqua sul qualo devono spianarsi, o tanto più depressa riesce la superficie nello parti suporiori.

370. III. Le pendenze degli scoli di un comprensorio devono regolarsi così che la pendenza dello scolo comune sia la più piccola possibile, che quindi vengano quelle degli scoli principali, e poi quelle dei secondari.

Egli è infatti necessario che l' acqna si scarichi il più presto possibile dai fossi, per lasciarli possibilmento vuoti, ma può restare qualche tempo maggiore negli scoli principali, e un tempo ancora più lungo nello scolo comnne.

Nei casi di scoli assai difficili tornerà conto di condurre il fondo dello scolo comuno orizzontale, intestandolo al punto il più basso al qualo può esser condotto il fondo della foce perchè, § 290, nel canale a fondo orizzontalo, ad una distanza non grande dalla foce e per tutto il tronco superiore l'acqua è più bassa di quello sia in un canale dotato di pendenza di fondo.

371. Quì cade in acconcio di accennare un errore assai comune quale si è quello di congetturare la felicità di uno scolo dalla velocità colla qnale si vede correre l'acqua.

Egli è infatti manifesto che la maggiore velocità dell'acqua in uno scolo non può dipendero che o dall'una o dall'altra delle cause seguonti; cioè o da una maggiore pendenza del fondo,

o da una maggiore altezza dell'acqua nello scolo. Ora quanto l'alveo è più declive tanto più il suo fondo, progredendo dal basso all'alto, si va elevando e avvicinandosi quindi al piano delle campagne; ne consegne che gli scoli secondari perderanno altrettanto di declività quanta ne guadagna il prineipale, e l'acqua si troverà in essi più elevata, e potranno essere inetti a ricevere quella dei fossi e dei fossatelli conterminanti il terreno. Altrettanto si dica rispetto all'altezza viva dell'acqua nello scolo, la qnale quanto è più grande e tanto più difficilmente potrà entrare nello scolo l' acqua dei fossi laterali. Conchiudesi dunque tanto essere migliore uno scolo comune quanto più lenta si muove l'acqua per entro al medesimo.

È bene inteso che ciò non va applicato a qnei casi nei quali gli scoli secondarii ed i principali hanno tanta caduta nello scolo comune quanta è loro necessaria, e ne avanza ancora tanta allo scolo comune che gli basta a smaltire l'acqua con molta velocità.

372. IV. Nel regolare gli scoli di un comprensorio bisogna far sì che l' acqua cho cade sui vari appezzamenti corra al sno termine percorrendo la minor strada possibile.

Infatti, la cadente totale restando la stessa, quanto è più breve la linea percorsa tanto più grande diviene la pendenza unitaria; ma, restando la stessa la portata, a maggiore pendenza (§ 348) corrisponde o minore larghezza dello scolo, o minore altezza viva dell'acqua; riescirà quindi o meno dispendiosa la costruzione dello scolo, o più bassa l'acqua rapporto ai circostanti terreni.

E per la ragione stessa della norma ora accennata, perchè cioè la velocità dell'acqua influisce ncl tener più bassa la sna superficie, si dovrà tener lontano da uno scolo tutto ciò che serve di ritardo all'acqua, come sarebbero lavorieri da pesca, ripari, ecc., e principalmente le erbe che sogliono crescere nel fondo e che servono ad attenuare notevolmente la velocità dell'acqua; al quale nltimo impedimento si provvede periodicamente mediante i così detti *sgarbi*, i quali dovranno farsi prima che venga il tempo in cui lo scolo dove essere sgombro il più possibile.

373. Quando lo scolo mette in un fiume torbido, soggetto a gonfiare, allora è mestieri mnnire di chiavica lo sbocco dello scolo ogniqualvolta il fondo dello scolo è più basso della piena massima del fiume, e ciò tanto nel caso in cui i terreni ai quali serve sieno più bassi delle piene del fiume, quanto

anche quando sono più alti; nel primo caso per impedire che l'acqua del fiume entri per lo scolo a innondare il terreno; nel secondo perchè il fiume, rigurgitando per lo scolo, non interrisca lo scolo stesso, interrimento che non potrebbe poi essere asportato dall'acqua dello scolo, dotata come è di piccola velocità.

374. Se i terreni che devono scolare per uno scolo munito di chiavica sono tutti allo stesso livello non è necessrio arginare lo scolo, perchè nel tempo che sta chiusa la chiavica se l'acqua, per troppa abbondanza, superasse le sponde dello scolo allagherebbe tutte le campagne senza che gli argini potessero impedirlo. Quando invece i terreni sieno declivi verso lo shocco allora converrà che lo scolo sia arginato, e gli argini si condurranno a livello del massimo pelo del recipiente, perchè anche accumulandosi l' acqua nell' infimo tronco dello scolo, non potrà mai elevarsi al di sopra del pelo massimo del recipiente, attesochè allora si potrà aprire la chiavica e darvi sfogo.

375. Succede alcune fiate che due scoli s' intersechino l'un l'altro senza mescolarsi, e che, procedendo da parti diverse, si portino ancora dopo l'intersecazione verso parti contrarie. In tal caso si fa passare l'un canale sopra o sotto dell'altro costruendo, ordinariamente in muratura, quella porzione del canale che serve a condur l'acqua da una all'altra sponda del canale che si traversa. Se questa fabbrica si fa in modo di ponte per condur l'acqua sopra quella dell'altro canale la fabbrica si dice *ponte-canale* od anche *ponte a fiume*; se invece si fa così che l' acqua dell'uno sottopassi quella dell'altro allora si dice *botte* o *tromba*.

376. Il fondo di un ponte canale deve accomodarsi alla cadente naturale del canale a cui serve, perchè se più basso si aumenterà sì la caduta del tronco superiore, ma si diminuirà di altrettanto quella dello inferiore, e inversamente; non vi sarà dunque mai vantaggio in far ciò sì bene discapito, per l'inconveniente che vi ha sempre in un repentino mutamento di pendenza.

Circa gli effetti che un ponte canale può recare al canale sottoposto, sono quelli stessi dei ponti, e si riducono all'effetto di un rigurgito, tenuissimo se il ponte canale lascia libera tutta la sezione, e l'acqua dal canale inferiore non giunga mai a sommergerlo; ma che potrebbe anche farsi sensibile quando in tempo di piena, od anche sempre, si faccia ristagno alla parte superiore. L'effetto in ogni caso è nullo nel tronco a valle o nel tronco a monte non può estendersi che quanta è

l'ampiozza del rigurgito, oltro il qual punto torna a farsi nullo dol tutto.

377. Per quanto spetta alle botti o trombe, quando, come sueecde d'ordinario, siano a fondo concavo e l'acqua vi passi quindi per sola pressione, il loro effetto è unicamente questo di partire il eanalo di scolo in due canali fra i quali havvi la relazione cho hanno eguale portata. Siecomo poi per ingencrare nell'acqua che passa per la botte la richiesta velocità è necessario nn battente, così si produrrà a monte della botte un rigurgito che si estenderà allo insù per quanto si estende un rigurgito, e cesserà assolutamento la sua influenza al di sopra di quest'nltimo punto. Se la botte ò proporzionatamente ampia questo rigurgito sarà piccola cosa, e quindi piceola ancho e poco estesa la sua influenza.

Egli è dunqne falso il preoccuparci dell'influenza d'una botte, e darvi colpa della infelicità di nno scolo; se lo scolo è inefficace non dalla botte ma bensì devesi ripetere la sna inefficacia dalla cattiva sistemazione del suo alveo, e su questo soltanto sarà da recare il necessario rimedio.

378. Nè voglio abbandonare qnesta materia senza dire alcnn che intorno ad una questione ehe si propono il Guglielmini al termine del sno capitolo nndecimo, *se, cioè, sia meglio unire tutte le acque di una regione, o tratto di paese, in una sola fossa di scolo, oppure di dividerle, mandandole per diversi condotiti al loro termine.*

Se le circostanze dei luoghi sieno tali che sia possibile di tenere l'acqua nello scolo comnne così bassa da poter ricevere sempre ed in ogni caso anche l'acqua dei terreni più depressi, è per sè chiaro cho mette conto di nnire quanti più seoli insiemo è possibilo; essendovi in ciò fare risparmio di terreno, perchè la larghezza dell'unico canale è minore della somma delle larghezze dei canali isolati; essendovi di più concorso di interessati è minore il proporzionale dispendio di costruzione e di conduzione; e perchè alla maggior copia dell'acqua si pnò sempre rimodiaro con nna proporzionata larghezza dello scolo.

Potrebbe però sueeedero ehe le circostanze fossero tali che, per tener l'acqua dello scolo comune così bassa da poter ricevere l'acqua dei terreni più depressi, occoresse una larghezza tale di scolo da perdere il vantaggio della progettata riunione; oppure che i terreni bassi fossero così bassi rapporto ai superiori da esserne sompre danneggiati, e allora l'unire insieme gli scoli sarebbe grave errore.

La questione non può dunque risolversi generalmente, solo il criterio pratico dell'ingegnere potrà vedere in quali casi e fino a quanto la unione possa tornar di vantaggio, e quando invece sarebbe di danno, e arrestarsi là dove cessa il primo e principia il secondo.

Capo V. — Scoli artificiali.

379. Quando il livello del terreno è più basso del pelo del recipiente ove le acque devono scaricarsi allora non è possibile l'asciugamento del terreno se non so nell'uno o nell'altro dei due modi seguenti; cioè o alzando il terreno mediante sovrapposizione d'altro terreno fino ad un'altezza superiore al livello del recipiente; oppure elevando con un macchinismo l'acqua, estraendola dai fossi del terreno e portandola a riversarsi nel contiguo recipiente.

Il primo metodo è quello propriamente detto delle bonificazioni per colmata, il secondo è quello che dicesi asciugamento o scolo artificiale o meccanico. Non dirò del primo che richiederebbe per sè solo speciale trattato, solo dirò alcun che del secondo che strettamente si lega alla questione degli scoli.

380. Per espellere l'acqua che cade sopra un qualunque comprensorio è in tal caso mestieri

1. Di condur l'acqua che cade sopra uno qualunque dei suoi punti al luogo dove è collocata la macchina di asciugamento.

2. Giunta l'acqua alla macchina, di sollevarla all'altezza che ha l'acqua nel bacino di scarico aumentata di tanto di quanto è necessario per

3. Condurre l'acqua estratta al bacino di scarico.

Risulta da ciò che la questione si compone di una parte idraulica e di una parte meccanica; ma che la essenziale è assolutamente la prima, attesochè la seconda si riduce soltanto alla scelta della macchina ed alla stima del lavoro che la detta macchina deve dare, e nella maggior parte dei casi a sole regole di prudenza per estendere col fornitore della macchina tale contratto che garantisca interamente l'effetto pattuito, valutato in acqua elevata a data altezza ed in carbone da bruciarsi all'uopo.

381. Per condur l'acqua dal punto ove cade alla macchina, e da questa al bacino di scarico è mestieri farla di-

scendere, e siccome dall'nna parte l'acqna al luogo ove sta la macchina si troverà più bassa di qnello sia nel punto donde è partita, e d'altra parte al luogo della macchina dovrà elevarsi tanto più alta del livello del bacino di scarico di quanto è necessario che discenda per ginngere al medesimo, così per compiere il proposto ascingamento bisognorà impiegare nn lavoro, il quale si comporrà

1. del lavoro necessario per sollevare l'acqua del comprensorio al livello del bacino di scarico

2. del lavoro che conviene impiegare per chiamar l'acqua alla macchina e per versarla nel suddetto bacino.

Il primo dei detti lavori, dipendendo nnicamente e dalla qnantità dell'acqna che si deve espellere e dalla differenza di livello fra il comprensorio e l'esterno bacino di scarico, non può essere da noi per veruna guisa mutato; ma il secondo può essere, almeno, fino ad un certo punto modificato dalle particolari disposizioni che noi sapremo prendere all'nopo; e siccome ogni lavoro costa danaro, così l'industria nostra dovrà mirare principalmente a far sì che riesca minimo il lavoro di chiamata e di scarico. Le operazioni che dovremo intraprendere per raggiungere lo scopo costano però esse pnre danaro, e cresce o cala il dispendio necessario all'acqnisto ed alla conduzione della macchina col crescere o calare della sua forza, quindi la questione idranlica potrà ennnciarsi così:

« *Accomodare le cose per modo che riesca minima la somma occorrente per diminuire il lavoro richiesto dalla chiamata e dallo scarico, e per l'acquisto e la conduzione della macchina.* »

382. Se è assai spesso necessario separare le acque dei terreni bassi da quelle dei terreni alti anche qnando lo scolo può aversi natnralmente, ciò è indispensabile quando lo scolo sia artificiale, essendo manifestamente pazzia il mandar via a fnria di carbone quell'acqua che può andar via natnralmente da sè. Solo se i terreni alti fossero in piccola proporzione, e avesse a costar troppo la loro separazione, si potranno introdurre, cercando poi di regolarne con chiaviche o dighe il loro deflnsso.

383. L'estensione del comprensorio al qnale può essere ntilmente applicato l'asciugamento artificiale è necessariamente limitata.

Consideriamo infatti due appozzamenti A e B, il primo situato immediatamente nel sito dove è collocata la macchina,

ed il secondo in un luogo molto distante dalla macchina stessa, e supponiamoli allo stesso livello. Per condnrre l'acqua che ristagna in *B* alla macchina bisogna farla discendere, e quindi se vogliamo che l'acqua, che cade in *B*, affluisca nel debito tempo alla macchina, sarà necessario di tenere il livello dell'acqua nello scolo al luogo della macchina tanto più basso sotto il livello di *A* di quanto è la caduta necessaria a *B*; l'acqua dunque che cade in *A* dovrà prima discendere di questa quantità, per poi essere risollevata insieme a quella di *B* ed a quella di tutti gli altri appezzamenti costituenti il comprensorio. L'acqna di *A* e degli appezzamenti interposti fra *A* e *B* dovrà essere sollevata ad nn'altezza maggiore di quella che occorrerebbe se fossero isolati, e ciò tanto più quanto più *B* è discosto da *A*. Cresce dunque il lavoro necessario, e ciò tanto più so sarà maggiore la proporzione dell'acqua che ristagna in *A* in confronto di quella che cade in *B*, e se anche dall'unione risultasse un minore dispendio nell'acquisto e nella conduzione della macchina, pure cresce ben presto tanto da far perdere qualunque vantaggio.

Il limite dell'estensione a cni è utile estendere l'asciugamento dipende poi troppo dalle circostanze locali, e principalmente dalla forma del comprensorio, per poter essere generalmente assegnato con sufficiente approssimaziono, e deve essere in ogni caso speciale determinato dal ginsto criterio pratico dell'ingegnere.

384. L'acqua che cade sul comprensorio dovendo essere definitivamente condotta al bacino di scarico, e dovendo per ciò discendere di una doterminata qnantita, si avrà il lavoro che devesi dispendiare per ottenere il cercato asciugamento moltiplicando il peso della quantità di acqua che deve essere espulsa per la caduta che è necessario di dare alla stessa, per poter concorrere alla macchina e da questa al bacino di scarico, anmentata della naturale differenza dei due livelli. Ora la qnantità di acqua che deve essere espulsa dipendendo dalle condizioni meteorologiche dei luoghi, e la differenza doi livelli essendo fissata, noi non possiamo influire che sopra il solo elemento della caduta, e quindi dovremo studiar modo di rendere questa la minore possibile.

La caduta poi dipende da due elementi, cioè, 1° dalla lunghezza della strada che faremo percorrere all'acqua, e 2° delle dimensioni che daremo ai canali di scolo.

385. Per qnanto spetta al primo di questi elementi ba-

sterà aver presente e nell'insieme e nel dettaglio la massima generale di far fare all'acqua la minor strada possibile; ma per ciò che s'attiene al secondo dobbiamo entrare in qualche particolare.

La caduta diminnisce ampliando e profondando gli scoli, per cui, in questo riguardo vi ha sempre vantaggio a fare gli scoli i più ampli possibili. In ciò fare si ha anche il vantaggio che gli scoli possono servire da bacino ove si possono raccogliere le acque versate da nna grossa pioggia senza che queste ristagnino soverchiamente sopra i terreni coltivati, con che il lavoro della macchina riescirà meno interrotto o più nniforme, con risparmio di combustibile, e quindi con minore dispendio di conduzione.

Se non chè ampliando gli scoli si urta nello scoglio di un dispendio di costruzione maggiore; e quindi vi deve essere un limite in questo ampliamento, limite determinato da ciò che il totale dispendio debba essere un minimo, e che potrà in ogni caso essere determinato così.

Il dispendio totale si compone (*a*) del dispendio impiegato nella riduzione degli scoli, questo lo esprimeremo con S; (*b*) del dispendio occorrente per l'acquisto della macchina, la sua messa in opera, e la sua conduzione, capitalizzando quest'ultimo, questo lo diremo M. Ora si cominci dal dare allo scolo una data pendenza p_1 con una determinata altezza d'acqua h_1 e, calcolata la corrrispondente larghezza, si determini il costo della riduzione, costo che diremo S_1; in base alla cadnta risultante si calcoli il lavoro della macchina, quindi il suo prezzo ed il costo di conduzione, dispendio che diremo M_1 e colla pendenza p_1 ed un'altezza d'acqna h_1 il costo tolale sarà $S_1 + M_1$. Ciò fatto si muti la pendenza e l'altezza in p_2 ed h_2 ed egualmente si calcoli il costo $S_2 + M_2$, se $S_2 + M_2$ sarà minore di $S_1 + M_1$ allora si continuerà aumentando altrimenti diminuendo le dette dimensioni finchè si arriverà ad nna qantità $S_n + M_n$ tale che per pendenze ed altezze tanto minori qnanto maggiori la prodetta somma si faccia più grande, o allora si accetteranno le dimensioni così calcolate: il calcolo riescirà un po' lungo, non però lunghissimo, essendo costanti gli elementi delle perizie, e d'altra parte l'importanza del problema è tale che saranno compensate con usura le non molte ore che si saranno spese nel calcolo istesso.

386. Ci resta solo a considerare ove torni maggiormente opportuno di collocare la macchina. Per ciò osserveremo che

la macchina partisce il canale in due; (*a*) nel *canale di scolo* che è ordinato a condurre le acque alla macchina; (*b*) nel *canale di scarico* che deve condurre queste stesse acque dalla macchina al recipiente ove vanno a versarsi. Ora questi due tronchi del canale si trovano in condizioni essenzialmente distinte. Nel canale di scolo il livello dell'acqua deve essere necessariamente più basso dei circostanti terreni, e quindi il detto canale deve essere tutto in escavazione; nel canale di scarico invece il livello dell'acqua è più alto del terreno circostante, e quindi questo canale sarà tutto in rialzo. A diminuire la pendenza concorre una maggiore larghezza dell'alveo e una maggiore altezza viva dell'acqua, ed anzi molto più questa della prima. Così essendo le cose, egli è evidente che l'altezza dell'acqua nel canale di scarico potrà essere maggiore di quello sia nel canale di scolo, perchè l'escavazione è sempre di necessità limitata, e di maggior costo quanto più si discende al basso, e nel canale di scolo l'altezza è limitata dal livello del terreno, locchè non è nel canale di scarico, nel quale con minore escavazione potremo avere un'altezza d'acqua maggiore, e quindi proporzionatamente una minore pendenza. Per restringere la cosa in breve, nel canale di scolo, non potendo soverchiamente profondare, a diminuir la pendenza occorrerà allargar molto, laddove nel canale di scarico sarà più facile il profondare; generalmente parlando costerà dunque meno il diminuir la pendenza nel canale di scarico di quello sia nel canale di scolo. Quando questo succeda, e succederà nella maggior parte dei casi, allora vi ha tornaconto nel fare il canale di scarico il più lungo possibile, e quindi nel collocare la macchina il più presso che si può al comprensorio, e anche in qualche caso dentro il medesimo, se così lo esigessero le particolari condizioni dei luoghi; in ciò fare vi ha anche il vantaggio di tener l'acqua dentro del comprensorio il meno che si può, e di appagare gli aventi interesse, i quali non sospirano dietro ad altro che a liberar i proprii terreni dalle acque. Non nego che vi potranno essere dei casi in cui metta conto di portare la macchina più al basso, ma credo che questi non saran molti; in ogni caso la macchina dovrà collocarsi in quel punto del condotto generale delle acque, dove comincia a costar meno il diminuir la pendenza del canale di scarico di quello sia quella del canalo di scolo.

387. È appena necessario accennare che, se il bacino

di scarioo fosse un fiume, qnando più a valle si prenderà il pnnto di scarico e tanto minore sarà la differenza di livello da superare, essendo le pendenze degli scoli sempre minori di quelle dei finmi; però nella scelta del detto pnnto si dovrà aver riguardo al dispendio necessario por la costruzione del canale e per l' acqnisto e la conduzione della macchina, e scegliere sempre quel punto per cni riesca minima la somma dei detti dispendii.

Sezione II.

Canali d'irrigazione

Capo VI. Nozioni — Portata.

388. *Canale di irrigazione* dicesi quel canale che è ordinato a condur l'acqua, somministratagli da sorgenti, laghi o fiumi, attraverso una zona di terreno così che possa in qualunque de' suoi pnnti essere derivata allo scopo doll' inaffiamento di nna determinata estensione di terreno.

Il primo canale derivatore, il canale principale, si partisce poi d'ordinario in altri canali, che diconsi pure canali di irrigazione ma secondari, e così via. Noi parleremo del primo, perchè facilmente le regole che saremo per suggerire in proposito potranno estendersi agli altri.

Qnalche volta un canale si deriva per abeveraggio e non si usa all'inaffiamento che di qnell'acqua che sopravvanza ed in quelle località che si prestano natnralmente alla possibilità di un tal uso. Per questi canali la questione è assai più semplice, e non presenta difficoltà che non si possano facilmente risolvere quando si sappiano sciogliere quelle spettanti ai canali di irrigazione propriamente detti, il perchè noi non ci occnperemo di quosti nltimi, che non sono che nn semplicissimo caso dei primi.

389. Nei canali di irrigazione la prima questione che si presenta è quella di conoscere o quant' acqua fa di mestieri per poter irrigare una data estensione di terreno; oppure quanto terreno si potrà irrigare con una data quantità di acqua; la qual seconda questione non è in fondo che la prima capovolta.

La quantità d' acqua varia secondo i climi, la natura

del suolo e del sottosuolo, la forma topografica del paese, e finalmente secondo le culture e il metodo di irrigazione adottato. Non sarebbe possibile di entrare qui in tutti i dettagli che trascinerebbe seco una così intricata ed incerta ricerca, ed io starò pago a riportare il seguente prospetto della quantità d'acqua e delle culture corrispondenti pei canali irrigatorii della Lombardia, di questa terra ch'io non dubito punto a chiamar classica in tale riguardo. Il prospetto è tolto dall'opera del Lombardini sullo stato idrografico della Lombardia.

FIUME	CANALE	**Portata** in metri cubi al secondo	**Superficie** irrigata in pertiche censuarie, decari	**Portata** ragguagliata per 1000 p. c. in m. cubi al secondo	**Culture usate e Territorio irrigato**
Ticino	Naviglio Grande di Bereguardo e di Pavia.	51, 40	470000	0,1001	Cereali, prati e molte risaie; i prati invernali si estendono per 10300 pertiche. Basso Milanese occidentale e Pavese.
Adda a destra	Naviglio della Martesana e Fossa interna di Milano.	27,14	235600	0,1152	Cereali, prati e risaie; i prati invernali si estendono per 4600 pertiche cens. Milanese orientale e medio, e poca parte del Pavese
Id.	Muzza.	61,46	730000	0,0842	Prati triennali, cereali, lino e poche risaie; i prati invernali si estendono per pert. cens. 11000. Milanese orientale e Lodigiano.
Adda a sinist.	Vajlata — Ritorto — Rivoltana	11,95	152000	0,0786	Cereali, lino, prati e risaie. Gera d'Adda e Cremasco.
Brembo a destra	Seriola di Filago.	1,00	12000	0,0833	Cereali e prati. Ponale, Medone e Filago nella provincia di Bergamo.
Brembo a sinist.	Seriole Brambilla, Visconti, Trevigliese e Melzi.	7,50	97500	0,0769	Cereali, prati e risaie. Gera d'Adda ed alto Cremasco.
Serio a destra	Roggie Serio, Morlana, Guidana, Vescovada, Fonte perduto e Vecchia	5,40	64800	0,0833	Cereali e prati. Bergamasco fra il Serio e il Brembo.
Serio a sinist.	Roggie Borgoana, Brusaporta, Cattanea.	3,50	142000	0,0833	Cereali e praterie. Bergamasco fra il Serio e l'Ollio.

FIUME	CANALE	**Portata** in metri cubi al secondo	**Superficie** irrigata in pertiche censuarie, decari	**Portata** ragguagliata per 1000 p. c. in m.³ cubi al secondo	**Culture usate** e **Territorio irrigato**
Serio a sinist.	Babbioca, di Malcorrente, Menasciutta, Archetta, Renata.	5,00	70000	0,0711	Cereali, lino e prati. Cremasco inferiore e Cremonese occidentale.
Ollio a destra	Roggie Sale; Donna e Calcio; Naviglio civico di Cremona vecchio, nuovo, Pallavicino.	38,20	570000	0,0670	Cereali, lino e prati. Bergamasco inferiore fra l'Ollio e il Serio; Cremonese superiore e medio. . . .
Ollio a sinist.	Fusio, Seriole di Chiari; Castrina, Trenzana, Bajona, Rudiana, Castellana, Vescovada, Molino di Urago.	38,35	500000	0,0767	Cereali e prati. Pianura bresciana occidentale e superiore.
Mella	Seriola Gambaresca, Canale Celato, Fiume Bova e Orande, Seriola Capriana e Morica.	12,10	145200	0,0833	Cereali e prati. Pianura bresciana di mezzo.
Clisio a destra	Naviglio.	14,00	182000	0,0769	Id.
Clisio a sinist.	Seriole Lonata, Calcinato — Montechiara	8,00	104000	0,0769	Cereali e praterie. Pianura bresciana orientale.
Id.	Seriola d'Acquanegra.	1,00	13000	0,0816	Cereali e praterie. Acqua negra mantovana.
Mincio a sinist.	Fossa di Pozzuolo.	14,00	86000	0,1628	Risaie e praterie. Mantovana orientale a sinistra del Po.

390. Alle indicazioni che si possono trarre dal prospetto superiore aggiungerò poche cose. La quantità d'acqua occorrente per un'irrigazione può essere anche valutata mediante lo strato d'acqua che conviene spargere sopra il terreno per ogni adaquamento del terreno medesimo, e pel numero degli adaquamenti che occorrono. Secondo Gasparin (*Corso d' Agricoltura*) e secondo anche la pratica della Lombardia, la quantità d'acqua necessaria per l'adaquamento di un ettaro, ossia di dieci pertiche censuarie, si valuta fra gli 800 e i 1000 metri cubi; osservando però che nei casi osservati da Gasparin non si regolavano, nè per ciò si utilizzavano, a dovere le colature, e che nella Lombardia l'acqua acquistata in questa misura alla prima fonte viene poi dal proprietario venduta col cedere le abbondanti colature ad

altri che ne usano per irrigaziono; il Pareto (*Irrigazione e bonificazione dei terreni*) giudica una tale stima esagerata, e crede sufficiente pei casi medii ordinari, ed a colature bene dirette, una quantità d'acqua compresa fra i 200 e i 300 metri cubi per ettaro e per adaquamento. Dubiterei a vero dire che una tale stima sia piuttosto bassa, e che esiga un sistema di rotazione perfetto e molta perizia negli utenti perchè non abbia a riescire insufficiente. In quanto al numero degli adaquamenti questi dipendono dalla varietà delle culture, e dovranno essere determinati in ogni caso particolare.

Egli è evidente che le stime precedenti presuppongono una irrigazione assai estesa, perchè l'acqua necessaria all'irrigazione aumenta proporzionatamente quanto l'estensione è più piccola, essendo per sè chiaro non potersi in tal caso impedire quelle perdite d'acqua che, altrimenti, potrebbe essere utilizzata.

Capo VII. — Presa dell'acqua.

391. Prima di trattare dei varii modi coi quali si può somministrare ad un canale di irrigazione la quantità d'acqua della quale ha di mestieri per sopperire ai bisogni per i quali è ordinato, è necessario che ci occupiamo di una importante questione quale è quella della *presa dell'acqua*, ossia della ricerca di accomodare l'entrata dell'acqua nel canale sotto condizioni tali che nel canale stesso entri una assegnata quantità di acqua, oppure, che l'acqua nel canale in dato punto si trovi a dato livello, o soddisfi ad altre condizioni previamente poste. Pei canali ordinati a portare l'acqua alle macchine motrici è forse questa la sola questione a risolversi, ed in essa sta tutta la loro teoria; per non tornar sopra quindi alla stessa in altro luogo la tratterò qui in tutta la sua generalità, procacciando di condurla a quel punto che può essere sufficiente pegli ordinari casi della pratica, o almeno fino a quel punto al quale è concesso di condurla dallo stato attuale della teoria delle acque correnti.

La questione della presa dell'acqua, considerata nella sua generalità, può porsi così:

Nella sponda di un fiume o di un recipiente qualunque si apre una luce di derivazione e l'acqua fluente dalla stessa viene ricevuta in un canale di data forma, sezione, pendenza e lunghezza; al termine di questo canale comincia un se-

condo canale pure di data forma, sezione e pendenza, ordinato a condur l'acqua che riceve dal primo a quei punti dove deve essere utilizzata. La bocca di derivazione e il primo canale costituiscono il sistema di derivazione dell'acqua e da loro dipende la quantià d'acqua introdotta; per ciò questo primo canale lo diremo *canale derivatore*. Il secondo canale non ha altro ufficio che di condurre l'acqua già introdotta ai varii punti dove viene adoperata, e per ciò lo diremo *canale conduttore*; quando si tratti di canali di irrigazione questo secondo è il canale di irrigazione propriamente detto.

Quando l'acqua venga somministrata al canale mediante una bocca di irrigazione regolata, o, come si dice, a bocca tassata, allora la quantità dell'acqua introdotta dipende unicamente dalle condizioni alle quali trovasi assoggettata la bocca di introduzione, e il sottoposto canale non fa che ricevere l'acqua in una quantità assegnata; allora manca il canale derivatore e il sistema componesi soltanto della bocca derivatrice e del canale conduttore. Così pure, quando si tratti di canali ordinati a portare l'acqua alle macchine delle officine, alcune volte manca il canale conduttore, o l'acqua viene raccolta dal motore tosto al termine del canale derivatore.

Pei bisogni della pratica importa di trovare quali relazioni esistono fra le sezioni, le pendenze e le altezze dell'acqua nei due canali, non che fra queste quantità e la quantità dell'acqua introdotta e le condizioni determinanti la bocca o il modo d'introduzione, mediante le quali relazioni date alcune di queste quantità poter assegnare le altre. Questo è adunque il problema che ora ci proponiamo di risolvere.

392. Il primo e più semplice caso che si possa presentare è quello in cui l'acqua è data al cana'e mediante una bocca regolata, ed è data quindi in una quantità completamente assegnata. In tal caso se diciamo Q la quantità dell'acqua somministrata al canale, p, L, h, ed n, la pendenza, la larghezza sul fondo, l'altezza dell'acqua e la pendenza delle scarpe nel canale conduttore, essendo che il moto avviene in un canale regolato e molto lungo, così esso si farà ben presto uniforme, e fra le dette quantità, supposta trapezoidale la forma della sezione, esisterà la relazione

$$(1) \quad p\left\{L+nh\right\}^3 . h^3 = b\left\{L + 2h\sqrt{1+n^2}\right\} . Q^2$$

la quale servirà ad assegnare le occorrenti dimensioni del

canale conduttore secondo le varie condizioni che devono essere soddisfatte.

393. Nel caso di una bocca derivatrice e di nn canale derivatore allora l'equazione precedente sussiste pel canale condnttore, ma la quantità Q dell'acqna è legata al sistema di derivazione, e dipende qnindi dalle condizioni nelle qnali si porrà l'acqua nel canale derivatore, e dal suo livello al punto ove sta l'incile del detto canale, cioè là dove si apre la sezione per cui l'acqua dal recipiente alimentatore passa nel canale medesimo. Diremo p_1 la pendenza del canale derivatore, L_1 ed n_1 la sua larghezza sul fondo e la pendenza delle sue scarpe, ed h_1 l'altezza dell'acqua sul fondo all'incile. Generalmente p_1 è maggiore di p, interessando di poter introdnrre la maggior copia d'acqua possibile, e quindi di tenere h_1 il più piccolo possibile; siccome poi anche i due canali si fanno ognalmente larghi, così l'altezza dell'acqua che nel canale derivatore compete al regime nniforme sarà minore di h, motivo per cui al punto dove succede il passaggio dell'acqua dal primo al secondo canale l'acqua nel canale derivatore si troverà tenuta in collo ad un'altezza maggiore di quella che compete al suo regime uniforme, e quindi il moto dell'acqua nello stesso sarà permanente, o non potrà ridursi e valutarsi uniforme che nelle parti dell'alveo molto lontane dal punto di congiungimento, e là dove l'accennato rigurgito non si fa ulteriormente sentire. Se ciò ha luogo, cioè se il canale derivatore è sufficientemente lungo, e ciò tanto più quanto più è p_1 maggiore di p, ancora all'incile del canale il moto potrà riputarsi uniforme, e susciterebbe l'equaziono

$$(2)\quad p_1 \left\{ L_1 + n_1 h_1 \right\}^3 . h_1^{\,3} = b \left\{ L_1 + 2h_1 \sqrt{1 + n_1^2} \right\} . Q^2$$

In questo caso h_1 sarebbe indipendente da h, e la portata non riescirebbe monomamente influenzata dal canale conduttore. Quanto si è detto trattando del moto permanente dell'acqua a fondo inclinato potrà guidarci in ogni caso a giudicare se l'ipotesi sia abbastanza giusta, e quando invece dovremo, per la brevità relativa del canale derivatore, considerare che il moto permanonte si estenda fino all'incile.

394. Se il moto permanente si estende fino all'incile allora per assegnare h_1, in base a quando si è detto al § 284, si procederà nella seguente maniera.

Essendo comunemente, come si è detto sopra, $p_1 > p$ ed anche $L_1 = L$, l'altezza di regime uniforme nel canale

derivatore sarà minore di h, e quindi le altezze dell'acqua dall'ultima sezione a valle venendo allo insù andranno sempre diminuendo; detta quindi y l'altezza dell'acqua alla distanza x da quell'ultima seziono a valle sarà y minore di h, e potremo porre

$$y = h - z.$$

fatto poi per brevità di scrittura

$$A = \{ L_1 + n_1 h \} h; \quad B = L_1 + 2h \sqrt{1 + n_1^2};$$
$$l = L_1 + 2n_1 h; \quad k = 2\sqrt{1 + n_1^2}$$

potremo assumere

$$S = A \left\{ 1 - \frac{lz}{A} \right\}; \quad C = B \left\{ 1 - \frac{kz}{B} \right\}$$

e sostituendo questi valori nell'equazione (5) dal § 284, sviluppando, tenendo conto soltanto delle prime potenze di $\frac{l\,z}{A}$ e di $\frac{k\,z}{B}$ ed integrando in modo che per $x = o$ sia $z = o$, e per $x = D$ sia $z = h - h_1$ avremo

$$(3) \quad f p_1 D = h - h_1 + \frac{A}{3l} \cdot \frac{c - fa}{f} \cdot \log \left\{ 1 - \frac{3l}{A} \cdot \frac{f}{c} (h - h_1) \right\}$$

dove è

$$(4) \quad a = 1 - \frac{Q^2 l}{g A^3}; \quad c = 1 - \frac{b}{p_1} \cdot \frac{B Q^2}{A^3}; \quad f = 1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{b}{p_1} \cdot \frac{k \cdot Q^2}{l \cdot A^2}$$

Ponendo nella (3) i valori di A, B, ed l, espressi in funzione di h si avrà una relazione fra D, h, h_1 p_1 ed L_1 la quale si potrà usare nel caso in cui nel canale derivatore, per non avere esso sufficiente lunghezza, il moto è solamente permanente.

Osservando che nella maggior parte dei casi $\frac{3l}{A} \cdot \frac{f}{c} (h - h_1)$ è quantità assai piccola, alla (3) si potrà sostituire con vantaggio la

$$(5) \quad c \cdot p_1 \cdot D = a (h - h_1) + \frac{1}{2} \frac{3l}{A} \cdot \left\{ \frac{a \cdot f}{c} - 1 \right\} (h - h_1)^2$$
$$+ \frac{1}{3} \left\{ \frac{3l}{A} \right\}^2 \left\{ \frac{af}{c} - 1 \right\} \cdot \frac{f}{c} (h - h_1)^3 + \text{ecc.}$$

che si ottiene dalla stessa sviluppando il logaritmo in serie.

Se sia $L_1 = L$; $n_1 = n$ allora è

$$p = b \cdot \frac{BQ^2}{A^3}$$

e quindi

$$(6) \qquad a = 1 - \frac{p}{gb} \cdot \frac{L + 2nh}{L + 2h\sqrt{1+n^2}}; \quad c = 1 - \frac{p}{p_1};$$

$$f = 1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{p}{p_1} \frac{\{L + nh\}\, h \cdot \sqrt{1+n^2}}{\{L + 2nh\}\{L + 2h\sqrt{1+n^2}\}}$$

395. Per quanto spetta al modo con cui l'acqua passa dal fiume o recipiente alimentatore nel canale derivatore non si hanno a considerare che due casi; cioè 1. quando l'acqua entra nel canale a incile tutto aperto, e forse anche dotata di una velocità preconcepita u, la quale dovrà essere valutata a parte; e 2. quando entra per una luce S interamente sommersa, molto ampia e colla soglia inferiore a livello, o di pochissimo elevata sul fondo del canale derivatore.

Nel primo caso ad una distanza dall'apertura d'entrata tale che il moto siasi già sistemato, distanza che non è mai molto grande, in velocità media dell'acqua sarà

$$\frac{Q}{(L_1 + n_1 h_1)\, h_1}$$

essa avrà quindi guadagnato una quantità di semi forza viva espressa da

$$\frac{1}{2}\left\{\frac{Q^2}{(L_1 + n_1 h_1)^2 . h_1^2} - u^2\right\}$$

siccome la discesa totale è $H - h_1$ così, pel principio dell'eguaglianza dei lavori, dovrebbe essere

$$\frac{Q^2}{(L_1 + n_1 h_1)^2 . h_1^2} - u^2 = 2g\,(H - h_1);$$

Se non chè una parte del lavoro essendo stato perduto nei moti vorticosi e discordanti dell'acqua, ingenerati dal fatto stesso della caduta, così porremo

$$\frac{Q^2}{(L_1 + n_1 h_1)^2\, h_1^2} - u^2 = 2g \cdot \alpha^2\,(H - h_1)$$

essendo α un coefficiente di riduzione; da questa avremo

$$(7) \quad Q = \left\{L_1 + n_1 h_1\right\} . h_1 . \sqrt{\left\{2g\,\alpha^2\,(H - h_1) + u^2\right\}}.$$

Se poi l'acqua entra senza alcuna velocità preconcepita allora sarà $u = o$ e quindi

$$(8) \qquad Q = \alpha \left\{ L_1 + n_1 h_1 \right\} . h_1 . \sqrt{2g \left\{ H - h_1 \right\}} .$$

In quanto al valore di α diremo che Dubuat, nelle sue esperienze eseguite con piccoli canaletti di legno e con altezze di H varie da $0^m,12$ a $0^m,88$, lo vidde variare da 0,73, a 0,91; egli però rimarca che nei grandi canali, dove l'altezza cui è dovuta la velocità è generalmente piccola in confronto della profondità dell'acqua, non si commetterà errore sensibile prendendo $\alpha = 0,97$. Eytelwein accostuma di prendere $\alpha = 0.95$ pei canali larghi, ed $\alpha = 0,86$ pei ristretti.

396. Se l'alimentazione è fatta mediante un'ampia luce di area S interamente sommersa, e la cui soglia inferiore sia a livello del fondo del canale derivatore, o di poco elevata sullo stesso, detto m il relativo coefficiente di riduzione, l'acqua uscirà dalla luce con una velocità

$$\frac{Q}{mS}$$

e poco dopo nel canale avrà una velocità

$$\frac{Q}{(L_1 + n_1 h_1) h_1}$$

e quindi per l'urto nascerà una perdita di forza viva espressa da

$$\frac{Q^2}{2g\, m^2 S^2} \left\{ 1 - \frac{mS}{(L_1 + n_1 h_1) h_1} \right\}^2$$

supponendo che si passi repentinamente dall'una all'altra velocità, ripetendo quindi il ragionamento fatto ai §§ 60 e 61, avremo

$$H - h_1 = \frac{1}{2g} \cdot \frac{Q^2}{m^2 S^2} + \frac{1}{2g} \cdot \frac{Q^2}{m^2 S^2} \left\{ 1 - \frac{mS}{(L_1 + n_1 h_1) h_1} \right\}^2$$

d'onde

$$(9) \qquad Q = mS . \sqrt{\left\{ \frac{2g\,(H - h_1)}{1 + \left\{ 1 - \frac{mS}{(L_1 + n_1 h_1) h_1} \right\}^2} \right\}} .$$

L'acqua non passa veramente dall'una all'altra velocità repentinamente, ma riflettendo che nel passaggio succedono

inevitabilmente dei moti vorticosi e discordanti, i quali pure danno origine ad una perdita di forza viva, così credo che non ci scosteremo molto dal vero valutando la perdita nel modo indicato, bensì dubiterei piuttosto dover essere alcun poco maggiore.

397. Indicando finalmente con P la differenza di livello esistente fra la superficie dell'acqua nel canale o recipiente alimentatore al luogo della derivazione e la superficie libera dell'acqua nel canale conduttore ad una distanza D_1 dalla sua origine, cioè ad una distanza $D + D_1$ dalla bocca di introduzione dell'acqua, manifestamente sarà

$$(10) \qquad P = H - h + p_1 D + p \cdot D_1$$

Per delucidare maggiormente la questione credo opportuno trattare con qualche dettaglio alcuni casi particolari, scelti fra quelli che più frequentemente possono presentarsi nella pratica.

398. *Caso I.* Nella sponda di un recipiente si apre un canale di cui il fondo è depresso di data quantità H sotto il livello del liquido nel recipiente stesso; l'apertura d'introduzione è tutta libera, e tanto larga quanto il canale derivatore, che immediatamente segue la stessa con data pendenza, larghezza e lunghezza. Al suo termine si apre il canale conduttore di eguale larghezza ma con una pendenza minore, essa pur data: l'acqua finalmente entra per pura pressione, e quindi senza velocità preconcepita. Si domanda quant'acqua si caverà dal recipiente alimentatore, e quanto sarà depresso il livello dell'acqua nel canale conduttore ad una data distanza dall'incile.

Dalla (8) avremo

$$(a) \qquad Q = \alpha \sqrt{2g} \cdot \{L + n h_1\} \cdot h_1 \cdot \sqrt{H - h_1}$$

che sostituita nella (1) dà

$$(b) \qquad p\{L + n h\}^3 \cdot h^3$$
$$= 2g\alpha^2 b\{L + n h_1\}^2 \cdot \{L + 2h\sqrt{1+n^2}\}\{H - h_1\} \cdot h_1^2$$

la quale stabilisce una prima relazione fra h ed h_1. Posti poi nella (3) o nella (5) i valori (6) avremo una seconda relazione fra h ed h_1 mediante la quale, unitamente alla (b), si avranno i valori di h e di h_1; finalmente dalla (a) si avrà Q e dalla (10) P.

Se il canale derivatore è così lungo da permettere che prima di giungere all'incile il moto dell'acqua scorrente per

esso siasi già fatto uniforme, allora sostitnendo il valore di Q dato dalla (a) nella (2) avremo

$$p_1 \{L + n\, h_1\}^3 \cdot h_1^3$$
$$= 2g\, \alpha^2 b \{L + n\, h_1\}^2 \{L + 2h \sqrt{1+n^2}\} \{H - h_1\} h_1^2$$

la quale si riduce tosto ad un' equazione del secondo grado che, risolta, somministra

$$h_1 = \frac{1}{2a_1} \left\{ e_1 + \sqrt{e_1^2 + 4\, a_1\, c_1} \right\} \qquad \text{(c)}$$

essendo

$$a_1 = n + \frac{4g\, \alpha^2 b \cdot \sqrt{1+n^2}}{p_1};$$
$$e_1 = \frac{2g\, \alpha^2 b}{p_1} \left\{ 2\, H \sqrt{1+n^2} - L \right\} - L;\ c_1 = \frac{2g\, \alpha^2 b}{p_1} \cdot L \cdot H$$

Se D è sufficientemente grande la soluzione somministrata da quest' ultima equazione potrà bastare, e in ogni caso potrà almeno servire a somministrare i valori approssimati di h ed h_1, i quali si rettificheranno poi mediante le equazioni più approssimate suggerite in principio.

Sia ad esempio

$L = 5{,}28$; $H = 1{,}72$; $p_1 = 0{,}00030$; $p = 0{,}00024$; $D = 1100$; $D_1 = 1500$; $n = 1{,}5$; $\alpha = 0{,}95$; $b = 0{,}0004356$.

Sostituendo questi valori nelle equazioni precedenti avremo

$$Q = 22{,}213 \cdot \{1 + 0{,}02841\, h_1\}\, h_1 \sqrt{1{,}72 - h_1} \qquad \text{(a)}$$

$$\{1 + 0{,}2841 \cdot h\}^3 \cdot h^3 = 32{,}62 \{1 + 0{,}6829 \cdot h\} \qquad \text{(b)}$$
$$\{1 + 0{,}2841 \cdot h_1\}^2 \{1{,}72 - h_1\} \cdot h_1^2$$

quindi

$$a = 1 - 0{,}05534 \frac{1 + 0{,}7682 \cdot h}{1 + 0{,}6829 \cdot h};\quad c = 0{,}2178$$

$$f = 1 - 0{,}5341 \frac{\{1 + 0{,}2841 \cdot h\} \cdot h}{\{1 + 0{,}7682 \cdot h\}\{1 + 0{,}6829 \cdot h\}};$$

$$\frac{A}{3l} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\{1 + 0{,}2841 \cdot h\} \cdot h}{1 + 0{,}7682 \cdot h}$$

Sostituiti questi nella (3) o nella (5) e risolte le equa-

zioni (6) e quella risultante da questa sostituzione col metodo dei tentativi si troverà

$$h = 1,74 \; ; \qquad h_1 = 1,68$$

donde

$$Q = 11,02 \; ; \qquad P = 0,75.$$

399. *Caso II.* Nella sponda di nn recipiente apresi, a libera sezione, un canale derivatore con fondo depresso sotto il livello all'incile di data quantità, il quale si fa poi così lungo che all'incile stesso si possa riputare aver già l'acqua ragginnto l'altezza che compete al regime uniforme. Al canale conduttore si dà una larghezza eguale a quella del canale derivatore, ed nna pendenza assegnata: occorrendo di deviare una determinata quantità di acqua, e che ad una data distanza dall'incile la snperficie libera nel canale conduttore sia depressa di data qnantità sotto la superficie dell'acqna nel recipiente alimentatore, si domanda la larghezza da darsi ai due canali e la pendenza p_1 che devesi assegnare al canale derivatore.

I dati della questione sono H, Q, P, p; D e D_1, e sono incognite h, h_1; L e p_1. Ora dalla (10) si avrà

$$\text{(a)} \qquad h = H + p \,.\, D_1 - P + Dp_1 = A + D \,.\, p_1$$

I qual valore sostitnito nella (3) somministra

$$\text{(b)} \qquad \left\{ nA + L + D \,.\, p_1 \right\}^3 \left\{ A + Dp_1 \right\}^3$$

$$= \frac{b \,.\, Q^2}{p} \left\{ 2A\sqrt{1+n^2} + L + 2D \,.\, p_1 \,.\, \sqrt{1+n^2} \right.$$

Quindi le (8) e (2) danno

$$\text{(c)} \qquad \left\{ L + nh_1 \right\}^2 . \, h_1^2 \left\{ H - h_1 \right\} = \frac{Q^2}{2g\alpha^2}$$

$$p_1 \left\{ L + nh_1 \right\}^3 h_1^3 = b \,.\, Q^2 \left\{ L + 2h_1 \sqrt{1+n^2} \right\}$$

che divise l'una per l'altra conducono alla

$$\text{(d)} \quad p_1 \left\{ L + nh_1 \right\} h_1 = 2g\alpha^2 b \left\{ L + 2h_1 \sqrt{1+n^2} \right\} \left\{ H - h_1 \right\}$$

Dalla (c) si avrà

$$\text{(e)} \qquad L = \frac{Q}{\alpha \sqrt{2g} \,.\, h_1 \sqrt{H - h_1}} - n h_1$$

il qual valore sostituito uella (d), e ricavato poi dalla stessa il valore di p_1, conduce alla

$$(f)\quad p_1 = \frac{2g\alpha^2 b}{Q \cdot h_1} \left\{ Q + \alpha \left\{ 2\sqrt{1+n^2} - n \right\} \sqrt{2g} \cdot h_1^2 (H - h_1) \right\} \left\{ H - h_1 \right\}$$

Sostitneudo i valori di L e p_1 dati dalle (e) ed (f) nella (b) avremo uu'equazione iu h_1, la quale risolta darà h_1, donde poi dalle (f) ed (e), p_1 ed L, e dalla (a) la h.

Esempio. Sia

$$Q = 12{,}79; \quad H = 1{,}834; \quad p = 0{,}00018;$$
$$D = 1000; \quad D_1 = 1000; \quad P = 0{,}349.$$

Con questi dati le precedenti equazioui diveutano

$$(a)\quad h = 1{,}665 + 1000\, p_1$$

$$(b)\quad \left\{ 2{,}4985 + L + 1000 \cdot p_1 \right\}^3 \left\{ 1{,}6650 + 1000 \cdot p_1 \right\}^3$$
$$= 396 \left\{ 6{,}0023 + L + 3605 \cdot p_1 \right\}$$

$$(e)\quad L = \frac{3{,}04}{h_1 \cdot \sqrt{1{,}834 - h_1}} - 1{,}5 \cdot h_1$$

$$(f)\quad p_1 = \frac{0{,}00771}{h_1} + 0{,}005338 \cdot h_1 \left\{ 1{,}834 - h_1 \right\}^2$$

Sostituiti questi valori uella (b), e risolta l'equazione risultaute coi soliti metodi, si troverà

$h_1 = 1{,}80$; quiudi $L = 6{,}48$; $p_1 = 0{,}000205$; ed $h = 1{,}87$.

400. *Caso III.* Nella spouda di un canale o di un recipiente qualuuqne apresi una luce rettaugolare di data larghezza L e di data altezza a, colla soglia inferiore depressa di nua quantità asseguata H sotto il livello dell'acqua nel recipiente alimentatore. Questa luce è seguita da un canale della stessa larghezza L, ordinato a condur l'acqua ad una officiua discosta D dall'incile per ivi agire sopra determinata macchina. Fra il livello dell'acqua nel recipieute alimentatore e il puuto ove, sotto la macchina, poi scaricarsi l'acqua si ha uua totale caduta C, e, siccome il lavoro è il prodotto del peso dell'acqua operante per la cadnta, così si propone di dare al canale una tale peudeuza p per cui il prodotto dell'acqua estratta per la caduta che rimane disponibile al termine del canale sia uu massimo.

Diremo p la peudeuza da darsi al canale, che supporremo così lungo da permettere all'acqua scorrente per esso

di stabilirsi in moto uniforme; diremo h l'altezza incognita dell'acqua in questo canale e k la pendenza che rimane disponibile al termine del canale medesimo. Supporremo il canale in muratnra a sponde verticali, e detto m il coefficiente della portata della lnce, valntato in base alle esperienze di Lesbros sopra citate, potremo prendere

$$Q = mL \cdot a \cdot \sqrt{2g\,(H - h)}. \qquad \text{(a)}$$

Sarà poi

$$k = C - H + h - Dp \qquad \text{(b)}$$

$$p = b \cdot \frac{(L + 2h)\,Q^2}{L^3\,h^3} \qquad \text{(c)}$$

e quindi

$$k \cdot Q = mLa\sqrt{2g}\left\{ C - H + h - 2gm^2 b \cdot D \cdot \frac{a^2}{L} \cdot \frac{(L + 2h)\,(H - h)}{h^3} \right\} \sqrt{H - h}\,.$$

Si dovrà dunque determinare h così che riesca massima la quantità

$$\left\{ C - H + h - n\frac{(L + 2h)\,(H - h)}{h^3} \right\} \sqrt{H - h}$$

dove per semplicità si ò scritto n in lnogo di $2gm^2bD \cdot \frac{a^2}{L}$.

Trattando la precedente quantità coi soliti metodi si avrà per determinare h l'cquazione

$$h^5 + \frac{c - 3H}{3}h^4 - \frac{2n}{3}h^3 + \frac{10H - 3L}{3}nh^2 - \frac{8 \cdot H - gL}{3}nH \cdot h - 2nLH^2 = 0. \qquad \text{(d)}$$

Calcolato h dalle (a), (b) e (c) avremo Q, k e p e quindi $Q \cdot k$.

Sia ad esempio

$$L = 2;\quad a = 0{,}5;\quad H = 2;\quad C = 5;\quad D = 500$$

prenderemo

$$m = 0{,}64;\quad b = 0{,}000386$$

coi quali valori la (d) diventa

$$h^5 - 0{,}3333 \cdot h^4 - 0{,}1293 \cdot h^3 + 0{,}9052 \cdot h^2 + 0{,}2586 \cdot h - 3{,}1035 = 0$$

la quale risolta coi sollti metodi di approssimazlone somministra

$$h = 1,193$$

quindi

$$p = 0,00081\,;\quad Q = 2,546\,;\quad k = 3,789\,;\quad \text{e}\quad kQ = 9,647.$$

Capo VIII. — Alimentazione-fontanili e laghi.

401. Condizione essenziale per un bnon canale di irrigazione si è che in ogni tempo possa somministrare la quantità d'acqua necessaria per l'irrigazione del terreno al cui uso è ordinato. Una tal qnantità di acqna varia secondo la stagione, e la legge della sua variazione costisnisce ciò che dicesi il *regime del canale*. Egli è poi evidente che le dimensioni del canale devono accomodarsi così che sia capace della massima portata che è mestieri di darvi, e che nel caso di portata minima il livello dell'acqna sia ancora così elevato in ciascnno de'suoi punti da potersi derivare l'acqua occorrente in quel caso.

Le quistioni dunqne che possiamo esser chiamati a risolvere sono dne: 1. Provvedere al modo di dare al canale la quantità d'acqua richiesta nelle varie stagioni; *alimentazione del canale*. 2. Assegnare al canale la direzione, le pendenze, e le dimensioni occorrenti perchè si possa prestare agli nsi ai quali è ordinato; *conducimento del canale*.

402. Per quanto spetta all'alimentazione del canale, noi non faremo parola di quei canali che sono alimentati da serbatoi di llmitate estensioni, in qnesti la parte essenziale non è il canale ma si bene il serbatoio, e si potranno trovere tutte le norme occorrenti all'nopo della sua costruzione nei trattati speciali delle irrigazioni, fra i quali mi accontento citare il più importante quale è qnello di Raffaele Pareto. I veri canall di irrigazione che servono a vaste estensioni di territori riesoono allmentati o 1. da numerose sorgenti che si rinniscono insieme così da somministrare nn grosso corpo d'acqna, e poter servire egregiamente alla irrigazione di vasti comprensori; presso noi tali riunioni di sorgenti diconsi *fontanili*; oppure 2. da nn gran lago, che è bensì nn serbatojo ma un serbatojo di grandissima dimensione capace di somministrar sempre un corpo d'acqua tale da sopperire ai bisogni di nn vero canale di irrigazione; o finalmente 3. da un finme.

Non sempre tutta l'acqua che serve ad un canale di irrigazione viena erogata direttamente al suo incile, ma se

si trova fra via altra acqua opportuna allo scopo propostosi, e che possa venire introdotta nel nostro canale, allora si introduce anche questa nel canale stesso, e l'alimentazione diventa allora composta. Siccome questa seconda alimentazione non esige altre avvertenze oltre quelle della opportunità e del modo d'introduzione tale che non rechi pericolo di sorta al canale così non ne parleremo, e supporremo direttamente che tutta l'acqua che deve correre pel canale si derivi all'incile del canale modesimo.

403. *Fontanili.* Lungo il piede delle montagne, principalmente di quelle che guardano il settentrione, che sono esposte ai venti umidi, e che scendono in dolci pendici coperti di verdure, si trovano ordinariamente molte sorgenti di acqua, indicate dal veder sul luogo e crescere e prosperaro molte erbe acquatiche come giunchi, canne, menta selvatica, argentina, ellera terrestre, ecc., le quali sorgenti riunite insieme danno molta copia d'acqua, acqua opportunissima agli usi dell'irrigazione, e che viene quindi utilizzata ogni qualvolta si possa avere in quantità sufficiente.

Gli indizii che somministra la scienza per scoprire tali sorgenti sono veramente assi scarsi ed incerti, e più che altro vale un occhio esercitato e delle terebrazioni opportunamente fatte; io quindi non mi soffermerò intorno a questo, ma accennerò solo al modo con cui si allacciano insieme queste sorgenti, una volta che siensi trovate, e come si provede alla loro conservazione.

404. Trovato il luogo dove si possa fondatamante sperare che le scaturigini sieno più copiose, si procede alla escavazione della così detta *testa*; si scava cioè tutto il terreno all'intorno fino a quella profondità per cui sia dato facile esito alle varie polle d'acqua, formando come una conca di raccoglimento, a cui si dà d'ordinario la forma d'imbuto verso quella parte donde l'acqua deve avere il suo esito. Allo scopo che ciascuna polla d'acqua sia sempre libera, nè riesca otturata dalla terra circostante, essa si circonda con un tino della forma d'un tronco di cono alto circa $2^m,40$ e coi diametri di 1^m, e 0^m90, munito superiormente d'una apertura o luce verso la parte dove l'acqua deve fluire; questi tini si fanno di legno e si spurgano ogni sei mesi. La polla racchiusa così nel suo tino costituisce ciò che chiamasi *occhio del fontanile*.

All'estremità della testa si apre la così detta *asta*, che non è altro che il primo canale derivatore, ordinato a rac-

cogliere l'acqua già sgorgata nella testa ed a portarla al canale conduttore. All'asta si dà d'ordinario una forte pendenza, circa 1^m per ogni 200^m, e ciò allo scopo di derivar tosto l'acqua uscita, ed impedire che, elevandosi soverchiamente nella testa, diminuisca la portata delle singole polle.

Segue all'asta il canale, che è il canale d'irrigazione, al quale si assegna quella pendenza che occorre pei bisogni a cui si vuol far servire l'acqua; solo se questa pendenza sia piccola, conviene protrarre convenientemente l'asta, perchè il ringorgo non si faccia sentire alla testa del fontanile.

405. Prima però di imprendere la costruzione di un fontanile è mestieri assicurarsi della portata almeno delle principali polle che vogliansi allacciare insieme, e questo si farà usando del metodo da noi suggerito al § 170, valutando come normale altezza dell'acqua nel pozzo di prova l'altezza ordinaria a cui si terrà l'acqua nella testa del fontanile.

Questa prima prova mostrerà se realmente sia prezzo dell'opera il procedere alle ulteriori costruzioni, e poi si valuterà la portata giusta del fontanile applicando le regole date per la stima delle portate dei piccoli corsi d'acqua al canale pel quale decorrerà l'acqua stessa. Egli è ad una tale portata che dovrà proporzionarsi l'estensione del terreno da irrigarsi; ed al regime della portata stessa dovrà subordinarsi l'uso dell'acqua nelle varie stagioni.

Se le sorgenti si trovassero accumulate in varie località, si costruirebbero più teste che tutte verrebbero poi a mettere le loro aste nello stesso canale.

406. *Laghi.* Nel derivare un canale di irrigazione da un lago due casi si possono presentare; cioè 1. o non è concesso di alterare menomamente il regime del lago; oppure 2. il regime del lago può essere alterato dentro limiti fissati.

Nel primo caso null'altro si ha a fare se non se calcolare la portata dell'emissario del lago nelle varie stagioni, partire questa portata, in quella proporzione che è tollerata dalle condizioni particolari dell'emissario, fra l'emissario stesso e il canale; in una parola la cosa torna la stessa come se si avesse a derivare da un fiume, dall'emissario, un corpo d'acqua per servirsene all'uopo delle irrigazioni.

Nel secondo, il vasto bacino del lago può servire come un grandissimo serbatoio, e allora si deve studiare il modo con cui poter ottenere da quel vasto serbatoio le quantità d'acqua che possono occorrere nelle varie stagioni; oppure

si deve trovare quanta quantità di acqua si può dedurre dallo stesso nelle varie stagioni, dati i limiti fra i quali è concesso di far variare il regime del lago.

Il primo caso è così semplice che non merita particolare discussione, e noi quindi non ci fermeremo che sopra questo secondo caso, pel quale si esigono speciali avvertenze e calcolazioni.

407. Il bacino del lago è un vasto serbatoio in cui affluisce costantemente dell'acqua, ma in quantità varia secondo le varie stagioni, e dal quale si deve levare dell'acqua, varia essa pure nelle varie stagioni, però così che l'acqua accumulata nel lago non possa mai discendere al di sotto di un limite dato, nè elevarsi sopra al secondo limite pur dato, non essendo possibile di alterare il regime del lago così da recar nocumento ai paesi circumlacuali.

Egli è perciò evidente che converrà in primo luogo cercar di scoprire secondo qual legge e in quanta quantità affluisce l'acqua nel lago nelle varie stagioni, e ciò tanto negli anni ordinarii, quanto negli anni straordinarii di minimo e di massimo afflusso.

408. A quest'uopo è mestieri di imprendere una serie di accurate osservazioni dalle quali risultino e le varie altezze dell'acqua nel lago, computate sul fondo dell'emissario all'incile, e le varie portate dell'emissario nelle varie epoche, e questo per periodi il più possibilmente ristretti, per esempio di cinque in cinque giorni. Da questi dati potremo ricavare con sufficiente approssimazione la cercata legge e la quantità degli afflussi nei successivi periodi così:

Sia E_x l'efflusso dell'emissario quando la superficie dell'acqua del lago è alta x sul fondo dell'emissario all'incile; sia A_x il corrispondente afflusso effettivo, cioè la quantità di acqua che entra nel lago diminuita di tutte le perdite alle quali può andar soggetta indipendentemente dall'emissario; sia S_x la superficie contemporanea del lago, e sia w l'aumento che prova l'altezza x nel detto periodo; evidentemente sarà

$$A_x = E_x + S_x \cdot w$$

Ora, mediante un'opportuna interpolazione, dai dati raccolti si avranno E_x, S_x, ed w, e quindi dalla precedente ricaveremo A_x.

Replicando il conto per quel maggior numero di anni che ci sarà dato riunire avremo il valor medio, nonchè il valor minimo e massimo, delle quantità di acqua che affluisco-

no ordinariamonte nel lago, o che possono affluire nei casi limiti, indipendentemente da quella che va dispersa per altre vie.

409. Assegnata la quantità dell'afflusso dell'acqua nelle varie epoche si stabilirà quale deve essere la portata dell'emissario nelle epoche stesse, perchè esso si presti convenientemente agli usi ai quali potrebbe per avventura servire, e tolta questa dalla quantità di afflusso corrispondente si avrà quello che diremo *afflusso disponibile*. Ora se si potesse tollerare nel lago qualunque variazione di livello il massimo profitto si avrebbe stabilendo l'efflusso integrale annuo del canale eguale all'integrale afflusso annuo disponibile, e ripartendo poi questa quantità d'acqua nelle vario epoche secondo i rapporti prestabiliti per gli usi ai quali deve prestarsi il canale. Con ciò si verrebbe a moderare in vero la piena del lago, ma si produrrebbe generalmente uno sbassamento intollerabile, e per mantener questo dentro un limite stabilito è mestieri di accontentarci di efflusso integrale annuo minore, e tale che lo sbassamento non oltrepassi il limite dato. In questo caso l'alzamento diventerebbe a sua volta soverchio, e sarà mestieri versare l'acqua eccedente per mezzo dell'ordinario emissario del lago.

Risulta da ciò che l'afflusso disponibile va ripartito in tre parti, 1° nella parte che deve essere assegnata al canalo di irrigazione; 2° nella parte che deve essere accumulata nel lago per servire alle epoche di deficienza di afflusso; 3° nella parto eccedente che deve essere scaricata.

Risulta ancora che la questione si scioglie in queste due: (*a*) quale porzione dell'afflusso integrale annuo disponibile è mestieri assegnare al canale di irrigazione perchè lo sbassamento non superi un limite dato? (*b*) Dato il regime del canale di irrigazione quale dovrà essere il regime dell'emissario perchè l'alzamento dell'acqua nel lago non superi un limite pur dato?

Le dette questioni si dovranno risolvere pel caso di afflusso medio ordinario; pei casi limiti di massimo e di minimo afflusso converrà stabilire delle regole generali di condotta, in seguito alle quali le alterazioni che ne devono conseguire si mantengano le minori possibili.

410. Per risolvere nel modo il più diretto e il più semplice le proposte questioni comincieremo dall' osservare che durante il mese di marzo d'ordinario si lascia asciutto il canale di irrigazione, disponendo quel mese per gli espurghi

e per quelle riparazioni che per avventura potessero abbisognare; ne consegne che si potrà ammettere lo sbassamento dell'acqna del lago essere massimo al termine di febbraio, in cni esso si troverà esausto d'acqua per le irrigazioni jemali, e che si potrà durante il mese di marzo far succedere l'approvigionamento del lago per sopperire alle successive erogazioni.

Ciò premesso, a cominciare dal 1° di aprile si dividerà l'anno in periodi, quanto più ristretti e tanto meglio, e detto Q l'afflusso integrale annuo disponibile, mQ la porzione dello stesso che pnò essere impiegata annualmente nelle irrigazioni, ed m_1Q la parte eccedente che deve essere versata per mezzo dell'ordinario emissario del lago, diremo

$$
\begin{array}{llll}
Q\,.\,p_0\,; & Q\,.\,p_1\,\ldots\ldots & Q\,.\,p_n\,\ldots\ldots & Q\,.\,p_s \\
mQ\,.\,i_0\,; & mQ\,.\,i_1\,\ldots\ldots & mQ\,.\,i_n\,\ldots\ldots & mQ\,.\,i_s \\
m_1Q\,.\,e_0\,; & m_1Q\,.\,e_1\,\ldots & m_1Q\,.\,e_n\,\ldots & m_1Q\,.\,e_s
\end{array}
$$

le parti delle dette quantità che competono rispettivamente al primo, al secondo, - all'ennesimo, - all'nltimo periodo; così pure esprimeremo con S la superficie media del bacino del lago, e con H il massimo alzamento che può essere tollerato nella snperficie del lago sopra il suo punto più basso, corrispondente al 1° di marzo.

L'intero corso degli undici mesi dell'anno, dal primo aprile a tutto febbraio, può partirsi in quattro grandi periodi; 1° di afflusso maggiore dell'efflusso occorrente al canale; 2° di afflusso minore dell'efflusso; 3° di afflnsso nnovamente maggiore dell'efflnsso; e finalmente 4° di afflusso minore dell'efflusso. Supporemo che i detti quattro grandi periodi comprendano rispettivamente a, b, c, d dei periodi minori accennati di sopra.

Detta $Q\,.\,p$ la quantità di afflusso disponibile durante il meso di marzo, ed h l'altezza sullo zero a cni per suo mezzo si eleverà l'acqua del lago durante il mese stesso, sarà

$$h = \frac{Q}{S}\,.\,p. \tag{1}$$

411. Ecco poi come si dovranno regolare le cose dal 1° aprile a tntto febbraio.

Cominciando dal 1° aprile, e durante il primo dei grandi periodi snddetti, converrà moderare l'efflusso per l'emissario così che l'acqua resti accumulata nel lago fino a ragginn-

16

gere la massima elevazione e non più, per modo che al termine dello stesso periodo la superficie del lago abbia raggiunto la sua massima altezza. Perciò dovrà essere

$$(2)\quad \left(\Sigma p_n\right)_o^a - m\left(\Sigma i_n\right)_o^a - m_1\left(\Sigma e_n\right)_o^a = \frac{S}{Q}(H-h).$$

Nel secondo grande periodo, dandosi all'emissario unicamente la portata richiesta pegli usi ai quali deve prestarsi, portata che è già sottratta dall'afflusso, sarà

$$\left(\Sigma e_n\right)_a^b = 0$$

e si dovrà determinare m così che lo sbassamento non superi la quantità H; pel che dovrà essere

$$(3)\qquad m\left(\Sigma i_n\right)_a^b - \left(\Sigma p_n\right)_a^b = \frac{S}{Q}\,.\,H$$

Nel terzo grande periodo si scaricherà acqua per l'emissario così che al termine del periodo stesso la superficie dell'acqua del lago abbia raggiunto il suo limite di massima elevazione, e quindi dovrà essere

$$(4)\qquad \left(\Sigma p_n\right)_b^c - m\left(\Sigma i_n\right)_b^c - m_1\left(\Sigma e_n\right)_b^c = \frac{S}{Q}\,.\,H$$

Finalmente nel quarto ed ultimo periodo, se, come di ordinario succede, l'acqua accumulata nel lago col portarlo alla sua massima elevazione, è eccedente al bisogno, allora oltre la competenza d'acqua del canale bisognerà versarne una parte, che sarà generalmente piccola, per l'emissario, e quindi dovrà soddisfarsi l'equazione

$$(5)\qquad m\left(\Sigma i_n\right)_c^d + m_1\left(\Sigma e_n\right)_c^d - \left(\Sigma p_n\right)_c^d = \frac{S}{Q}\,.\,H$$

A questo per altro si potrebbe anche sopperire o coll'aumentare alcun poco la competenza del canale, o col tenere alcun poco più basso il livello superiore.

È già chiaro che se questo caso si avesse a presentare nel primo e secondo periodo invece che nel terzo e nel quarto, allora m andrebbe determinato dalla

$$(6)\qquad m\left(\Sigma i_n\right)_c^d - \left(\Sigma p_n\right)_c^d = \frac{S}{Q}\,.\,H$$

e allora converrebbe invece versare dell'acqua per l'emissario nel secondo periodo regolandosi sopra l'equazione

$$(7) \qquad m\left(\Sigma i_n\right)_a^b + m_1\left(\Sigma e_n\right)_a^b - \left(\Sigma p_n\right)_a^b = \frac{S}{Q} \cdot H$$

Si vedrà subito quale dei due casi sarà per succedere determinando m dalle due (3) e (6), dovendosi prendere per m il più piccolo dei due.

412. Unicamente per norma nella condotta del calcolo pongo qui il seguente esempio numerico.

La legge che lega i valori di p e quelli di i sia quella della seguente tabella; sia di più $Q=4000$; $S=100$; $H=4$.

Dalla tabella apparisce tosto essere, dovendosi guardare ai soli valori di p e di i,

$a=4$; $b=10$; $c=15$; $d=22$ e $p=0{,}057$

a dalla stessa si avrà

$$\left(\Sigma p_n\right)_o^a = 0{,}284\,; \qquad \left(\Sigma p_n\right)_a^b = 0{,}117\,;$$

$$\left(\Sigma p_n\right)_b^c = 0{,}399; \qquad \left(\Sigma p^n\right)_c^d = 0{,}143\,;$$

$$\left(\Sigma i_n\right)_o^a = 0{,}180; \qquad \left(\Sigma i_n\right)_a^b = 0{,}324\,;$$

$$\left(\Sigma i_n\right)_b^c = 0{,}178; \qquad \left(\Sigma i_n\right)_c^d = 0{,}318\,.$$

La (1) darà tosto

$$h = 2{,}28$$

quindi la (3)

$$m = 0{,}67$$

e le (2); (4); (5)

$$m_1\left(\Sigma e_n\right)_o^a = 0{,}1209\,; \qquad m_1\left(\Sigma e_n\right)_b^c = 0{,}17974\,;$$

$$m_1\left(\Sigma e_n\right)_c^d = 0{,}02993\,.$$

La legge che lega i successivi valori di e è in nostro arbitrio, ma converrà disporre dei medesimi così che non solo al termine del periodo il livello sia il massimo, ma anche che un tal massimo non sia mai superato nell'inter-

vallo, pel chè sarà bene versare molta acqua in principio e diminuire il versamento progredendo in avanti.

Nella tabella si sono posti in chiaro i finali risultamenti per esompio e per prova.

Periodo	p_n	i_n	Afflusso durante il periodo	Efflusso durante il periodo, pel canale	Efflusso per l'emissario	Somma degli efflussi	Elevazione al termine di ciascun periodo
1	0,050	0.024	200	64,32	80,68	145,00	2,83
2	0,074	0,036	296	96,48	110,52	207,00	3,72
3	0,086	0,060	344	160,80	165,20	326,00	3,92
4	0,074	0,060	296	160,80	127,20	288,00	4,00
5	0,031	0,060	124	160,80	0	160,80	3,63
6	0,022	0,060	88	160,80	0	160,80	2,90
7	0,014	0,060	56	160,80	0	160,80	1,86
8	0,014	0,060	56	160,80	0	160,80	0,81
9	0,017	0,048	68	128,64	0	128,64	0,20
10	0,019	0,036	76	96,48	0	96,48	0,00
11	0,074	0,030	296	80,40	140,60	221,00	0,75
12	0,086	0,030	344	80,40	150,60	231,00	1,88
13	0,098	0,030	392	80,40	160,60	241,00	3,39
14	0,079	0,042	316	112,56	170,44	283,00	3,72
15	0,062	0,046	248	123,28	96,72	220,00	4,00
16	0,034	0,046	136	123,28	17,32	140,60	3,95
17	0,017	0,046	68	123,28	17,32	140,60	3,23
18	0,014	0,046	56	123,28	17,32	140,60	2,38
19	0,017	0,046	68	123,28	17,32	140,60	1,66
20	0,017	0,046	68	123,28	17,32	140,60	0,93
21	0,022	0,044	88	117,92	16,56	134,48	0,46
22	0,022	0,044	88	117,92	16,56	134,48	0,00
23	0,024	0	96	0	0	0	0,96
24	0,033	0	132	0	0	0	2,28

413. L'entrata dell'acqua tanto nel canale di irrigazione quanto nell'emissario deve essore regolata da apposite porte con saracinesca mobile, così che nel canale entri per ogni stato del lago la prescritta quantità di acqua, e che si versi per l'emissario l'acqua sovrabbondante. La più sicura regola di condotta, anche pei casi di limite, mi pare esser quella di calcolare le altezze che dove avere l'acqua nel lago in ognuno dei periodi nei quali si è diviso il corso intero dell'anno, e, segnate le dette altezze sopra un'idrome-

tro, stabilire la collocazione della saracinesca del canale in corrispondenza alle altezze medesime perchè la quantità di acqua riesca la prescritta, e ordinare che la saracinesca dell'emissario si debba in ogni caso regolare così che nei varii periodi la superficie dell'acqua batta ai corrispondenti punti dell'idrometro, trattenendo acqua se mai avesse a riescire inferiore, e versandone in maggior copia se avesse a superarli. Così operando e il canale avrà sempre la quantità d'acqua prescritta, e i limiti delle altezze esterne non subiranno variazione sensibile.

L'obbligo della brevità non mi concede di entrare in questo riguardo in maggiori dettagli, ma il lettore, che desiderasse sull'argomento più ampia istruzione e norme più estese di condotta, dovrà consultare i progetti di dettaglio, fra i quali mi è grato di poter accennare quello del chiarissimo ingegnere Possenti intorno ad un canale di irrigazione da dedursi dal lago di Lugano.

Capo IX. — Alimentazione per mezzo di fiumi. Norme generali pel conducimento del canale.

414. È assai raro il caso che, derivandosi acqua da un fiume, non ne sia limitata la quantità e quando questo non sia non ad altro devesi avere la mira che a trarre dal fiume la maggior copia d'acqua possibile; ma quando la quantità d'acqua sia determinata allora è mestieri di trovar modo a che l'acqua introdotta nel canale non sia nè maggiore nè minore della quantità accordata. Ora nei fiumi soggetti a gonfiare si presentano due circostanze alle quali è duopo di provvedere; la prima quando il fiume è in magra, perchè allora la poca altezza dell'acqua alla bocca di introduzione potrebbe non essere sufficiente a dare al canale la quantità d'acqua richiesta: la seconda quando sia invece in piena, perchè la soverchia altezza dell'acqua farebbe sì che se ne introducesse in tanta copia da rendere perfino precaria la sussistenza dello stesso canale. Arroge che, se il fiume porta ghiaja o materia molto grossa, introducendosi questa nel primo tronco del canale, e depositandosi quivi per la diminuita velocità, finirebbe coll'otturarne l'incile, e ci obbligherebbe a continui espurghi ed a dispendii non piccoli per la sua conservazione.

415. L'alimentazione dunque d'un canale di irrigazione per mezzo di un fiume obbliga a cercar modo, 1. che l'acqua

nello stato di magra dal fiume riesca così alta alla bocca di introduzione da poter sopperire al bisogno del canale; 2. che nel caso di piena non si introduca che la quantità d' acqua richiesta, o, introducendosene più, che possa versarsi prima che entri nel vero canale di irrigazione; 3. che le ghiaje e le materie del fondo o non entrino, o, entrate, si possano naturalmente scaricare prima che raggiungano il canale medesimo.

Le opere d'arte che valgono ad assicurare in ogni caso al canale la giusta quantità d'acqua ed a tenerne spurgato l'incile sono *la chiusa*, *il canale regolatore*, *gli scaricatori*, *e le porte o catterratte regolatrici*.

416. *La chiusa* consiste in una diga o pescaja con cui si attraversa l'alveo del fiume alimentatore, immediatamente a valle della bocca di introduzione, allo scopo di tenere in collo l'acqua di magra, e far sì ch'essa raggiunga quell'altezza che è necessaria a ciò che nel canale entri la quantità d'acqua prescritta.

Sul modo di sua costruzione e sulla sua forma converrà consultare i trattati speciali, qui mi accontenterò di osservare che essa deve bensì trattenere l'acqua di magra, ma non recare però soverchio ostacolo allo smaltimento della piena, e principalmente non impedire il trascorrimento delle ghiaje lungo il letto del fiume. Converrà anche tenerla soltanto a quella altezza che è richiesta per l'alimentazione del canale negli ordinarii casi di magra, potendosi provvedere con fascinaggi od altro al caso di magra massima.

Se le condizioni dell'alveo non permettano la costruzione di una vera chiusa, allora al caso di magra è duopo provvedere con opere temporarie, quali sarebbero roste, pignoni, fascinaggi ecc., le quali riesciranno tanto più efficaci, quanto maggior cura si sarà posta nello scegliere luogo opportuno ove collocare l'incile del canale.

417. Rare volte può tornare opportuno di aprire direttamente nella sponda del fiume alimentatore la bocca regolatrice dell'acqua, riescendo generalmente malagevole allora di regolarne a dovere la portata, e, nei fiumi torbidi, dovendosi aprire la detta luce verso la superficie per non introdurre materia troppo pesante, che danneggierebbe il canale. Quando però ciò si potesse fare senza notevoli inconvenienti allora l'unica difficoltà starebbe nel regolare a dovere la bocca d'introduzione, al che varranno le regole della foronomia, e quanto si è detto trattando in particolare della presa dell'acqua.

Quando, però, la regolazione dell'acqua e lo scarico della materia richiedono particolari artificii, allora è mestieri che il primo tronco del canale, partendo dalla bocca di introduzione e venendo allo ingiù per una certa lunghezza, adempia il doppio ufficio e di moderare la piena e di scaricare le ghiaje e le torbide; egli è a qnesto primo tronco del canale ch'io dò il nome di *canale moderatore*. Il canale di irrigazione propriamente detto comincia al termine del canale moderatore, cioè là dove l'acqna ha già raggiunta la alezza normale, e dove è convenientemente chiara. Se l'introdnzione deve essere regolata da apposita bocca questa va collocata al termine del detto canale moderatore.

418. Perchè il canale moderatore possa raggiungere convenientemente il suo scopo è mestieri di sciegliere per l'incile tal punto del fiume che sia seguito da una ripida o da una cadnta per cni il livello dell'acqua di piena si tenga più depresso dell'acqua che corre pel detto canale. Questo canale, per quanto è la sua lunghezza, va condotto parallelamente al fiume, da cui non è separato che da nn solido argine, nella cui sponda, che si volge al fiume, apronsi delle aperture rettangolari munite di forti saracinesche, e le cui soglie inferiori si conducono più basse del fondo del canale, allo scopo di promuovere una forte velocità lungo il fondo del canale medesimo. Egli è a queste aperture che si dà il nome di *scaricatori di fondo*, o di *paraporti*, e col loro mezzo, mentre si scarica nel fiume l'acqua eccedente, questa trascina seco le materie del fondo, rigettandole nel fiume, e tenendo per tal modo spurgato l'incile del canale. Alcune volte l'opera loro è ajutata dal condurre per un certo tratto in principio l'argine del canale all'altezza della chiusa, o stabilendo gli scaricatori dal pnnto ove termina allo ingiù. Sul numero degli scaricatori nulla si può dire di generale dovendosene porre tanti quanti sono necessari a scaricare convenevolmente qualunqne più grossa piena; sulla loro collocazione questo solo che i primi si porranno il più vicino che si pnò all'incile, e gli altri si distribuiranno così che l'azione dell'uno principii là dove termina l'azione del precedente. È prudenza piuttosto abbondare, non mancando mai il ripiego di tenerne chiusi alcuni. Gli scaricatori devonsi aprire di tratto in tratto anche negli ordinari stati dell'acqua, allo scopo di tenere spurgato il canale da quei sedimenti che inevitabilmente succedono nel canale medesimo. Ove l'opera degli sca-

ricatori non fosse interamente efficace non vi ha altro rimedio che di riccorrere alla escavazione mannale.

419. La bocca misnratrice va collocata al termine del canale regolatore. Se la regolazione dell'acqua deve essere fatta unicamente dal canale derivatore, allora sarà necessario regolare lo scarico dell'acqna così che alla sezione d'entrata l'acqna abbia l'altezza prescritta, ed in quanto spetta a quella altezza ed alle altre dimensioni si si regolerà sullo formole poste ai § 392 e seg. Quando invece la regolazione sia fatta mediante una lnce munita di saracinesca, ossia con porte e cattarratte, allora dalle formole stesse si ricaverà la altezza dell'acqna a monte della lnce, ovvero l'altezza della lnce in corrispondenza all'altezza dell'acqua a monte, e si regolerà la catteratta così cho la portata riesca la portata prescritta. In qnesto ultimo oaso vi ha maggiore larghezza nell'uso degli scaricatori, e maggiore facilità nel regolare la quantità d'acqna.

420. Occorrendo di incontrare fra via un qualche corso di acqua tanto si può introdurre nel canale quanto escluderlo. L'introdurlo nel canale porta il vantaggio di anmentare la copia dell'acqna, e questo si dovrà far sempre quando nna tale introduzione non presenti gravi difficoltà; ma queste difficoltà sono generalmante molto forti se il corso di acqua è un torrente soggetto a grosse e repentine piene, e che trascini ghiaja o materie molto pesanti, ed esse assai spesso sono tali da consigliarne pinttosto la esclusione. Le dette difficoltà dipendono da dover moderare la piena e scaricare la materia, il che obbliga ad introdurre nn canale moderatore, scaricatori ecc., operazione sempre difficile e da non doversi abbracciare che allora soltanto che siavi deficienza d'acqua nel canale, nel qual caso qnalnnque aumento dell'acqua è sempre nn grande vantaggio.

421. Venendo a dire alcunchè relativamente alle normo da seguirsi pel conducimento del canale queste devono mirare, 1. alla scelta dell'incile; 2. alla linea che deve assere percorsa dal canale; 3. alla pendenza del suo fondo; 4. ai sistemi di partizione delle acque; e 5. alle bocche di crogazione.

422. In quanto spetta all'incile è evidente in primo luogo che converrà sciegliere punto così alto che l'acqua che scorre pel canale si trovi in ogni suo pnnto più elevata dei terreni sui quali deve essere condotta. Dato dunque il livel-

lo di questi terreni, o fissata la pendenza del canale, o le pendenze de' suoi varii tronchi, si verrà con esse allo insù e si farà capo a quel punto del fiume che ha la conveniente elevazione, e la presa dovrà farsi non inferiormente al pnnto medesimo. Oltre a ciò si dovrà sciogliere, per collocarvi la presa dell'acqua, tal punto nel quale il fiume presenti la massima stabilità, e là dove il filo della corrente si tenga il più vicino possibile alla sponda senza però danneggiarla, avvegnachè altrimenti potrebbe succedere che il fiume, abbandonando qnella sponda, portasse altrove il sno corso, ed obbligasse a nuove costruzioni generalmente di grave dispendio e d'esito assai spesso incerto. Nessuna norma generale si pnò dare in questo rignardo oltre quelle dalle qnali è dato arguire lo stabilimento degli alvei, ed è solo gindice un'occhio esperimentato avvalorato dalle informazioni dei pratici dei luoghi. A tntto ciò devesi aggiungere che non riesca soverchiamente difficile la costruziono della chiusa, e il trascorrimento della materia.

423. In quanto alla linea che deve percorrere il canale di irrigazione, e le sue varie diramazioni, questa dipende in gran parte dalla conformazione del terreno che deve essere irrigato, e basterà tracciarla così che essa segua il più possibilmente la parte più alta del terreno che deve attraversare, nel chè fare si avrà ancho la mira di scegliere quella linea che presenti il minore escavo, o dove gli escavi compensino i rialzi. Si dovrà porre eziandio la massima cura nel non condurre il canale attraverso a terreni troppo permeabili, e se mai ciò si dovesse fare per qualche breve tratto di dare in qnel tronco all'acqua la massima velocità.

424. Per ciò che spetta alla pendenza da darsi al canale qnesta pure dipenderà in gran parte dai livelli dei terreni che si attraversano, essendo evidente che si possono combinare dimensioni e pendenze così che la portata non mnti, e non vi ha ragione alcuna di incorrere in soverchi dispendii per accomodare una determinata pendenza quando la cosa non è del tutto necessaria. È dunqne questione oziosa qnella di chiedere quale pendenza sia la più propria ad nn canale di irrigazione, potendo soddisfare all' uopo qualunqne pendenza, e basterà tener sempre presenti i rimarchi seguenti. Qnanto più lenta va l'acqua in un canale più si riscalda e subisce i benefichi influssi dell'atmosfera, rendendosi meglio adatta alla irrigazione; se quindi la pendenza naturale del terreno fosse assai grande metterà conto di stabilire delle

cadnte, con che potremo anche usare dell'acqua stessa a pro di qualche offficina, la quale utilizza la caduta conservando inalterata la quantità dell'acqua. In alcuni terreni la troppa lentezza dell'acqua favorisce la vegetazione delle erbe acqnatiche, il che obbliga a sgarbi troppo frequenti, e quando questo succeda mette conto di dare all'acqua la più grande velocità permessa dalle circostanze. E ciò pure si dovrà fare se si avessero a temere forti infiltrazioni, attesochè aumentando la pendenza diminuisce la sezione e qnindi la superficie filtrante. A mano a mano che il canale va perdendo acqua per le erogazioni, per tenere l'acqua convenientemente alta, è mestieri o diminnire la sua pendenza, o diminuire la sna sezione, e fino ad un certo pnnto, mette conto diminuire la prima. Del resto un accurato esame dei varii canali già costruiti, e dei progetti di dettaglio porgerà tutte quelle norme che, senza incorrere nel difetto di soverchia lunghezza e di troppo minnzioso dettaglio, qni non possiam dare.

425. L'acqua dovendo essere distribuita sopra nna vasta estenzione di terreno richiede di essere portata fino a tal punto d'onde riesca non troppo dispendioso il tradurla direttamente sopra il terreno che deve irrigare. Questo obbliga a partire il canale di irrigazione in canali secondari ordinati a portare lungo un'assegnata zona qnell'acqua che deve essere distribnita sulla zona medesima. Egli è dunque necessario di partire l'acqua che scorre pel canale in data proporzione fra altri canali, ed è necessario che la detta partizione sia fatta col massimo rigore. Trattando della dispensa delle acque entreremo a questo riguardo in tntti i dettagli richiesti, qui mi limiterò ad osservare riescire tanto più sicnra la partizione quanto più caduta si potrà dare all'acqua nel punto ove deve succedere la partizione medesima, e quindi che vi sarà tornaconto ad attenuare le pendenze tanto del canale superiore qnanto dell'inferiore, originandosi con ciò un maggior salto al punto di partizione, che se di tali salti dovranno essere introdotti nel canale allo scopo di attenuarne l'eccessiva pendenza si farà profitto dei medesimi per operare la partizione, stabilendo ivi i necessari partitori.

426. L'acqua finalmente che decorre per un canale deve essere distribnita ai vari utenti in ragione dei rispettivi loro diritti, e quindi importa che una tale distribuzione si faccia per tutti nello stesso modo, modo che dovrebbe essere quello

di nna bocca regolata, essendo sempre origine di dubbi e di contestazioni, difficilmente risolubili, il metodo di adottare partiti diversi: starei qnasi per dire essere meglio nn sistema mediocre di distribuzione ma uniforme per tntti, che sistemi migliori ma differente l'uno dall'altro. Se mai fossimo obbligati dalle particolari circostanze ad adottare sistemi diversi ciò non si dovrà mai fare che sopra i diversi canali secondari, pei quali l'acqua decorre già in qnantità assegnata, quantità che non pnò riescire alterata dal particolare sistema di nlteriore distribnzione adottato, il qnale non ha influenza che sui rapporti delle varie bocche di distribnzione.

Sezione III.

Canali di navigazione.

Capo X. — Nozioni. Valutazione della quantità dell' acqua.

427. La condotta dei canali di navigazione e delle loro appartenenze involge tante e così complicate qnestioni da farne oggetto bisognoso di speciale trattato, e noi non possiamo qui che sfiorarne i principali problemi, ed anche quei soli che più strettamente si attengono alla provvigione dell' acqua ed alle dimensioni occorrenti per assicurare una buona navigazione.

I canali di navigazione dividonsi in *canali a punto di partizione* o *a doppia pendenza,* ed in canali a semplice pendenza. Diconsi canali a punto di partizione quelli che, traendo la provvigione dell' acqua da punti collocati sopra terreni alti si partiscono in due, discendendo dall'una e dall'altra parte dell' altipiano, e costitnendo così dne canali a opposta pendenza comunicanti fra loro; essi si nsano per porre in comunicazione due fiumi separati dall' altipiano che divide i loro bacini. Canali a semplice pendenza sono quelli che, partendo dal punto più elevato, ove succede l' alimentazione, vanno progredendo sempre discendendo in un solo senso, e servono a stabilire la comunicazione di varii lnoghi fra loro e con qualche fiume navigabile, od anche fra due tronchi di un medesimo fiume nei quali può aver luogo

la navigazione, ma che sono interrotti da altri tronchi non navigabili. I primi non servono d'ordinario che solo per la navigazione, i secondi possono servire e alla navigazione ed anche alla irrigazione, quando il livello dei luoghi lo consenta.

Vi sono pure dei canali di navigazione che servono a mettere in comunicazione due mari separati da un qualche istmo, come ora il canale di Suez, come sarebbe il canale di Panama ecc., questi sono canali marittimi, e la specialità del loro uso domanda l'adempimento di speciali ed assai complicate condizioni, nè potrebbero essi trovar luogo in questo trattato.

428. In un buon canale di navigazione l'altezza dell'acqua deve mantenersi a un di presso costante, perchè se essa avesse a crescere notabilmente sopra il suo pelo medio obbligherebbe a ripe assai alte, e quindi ad una troppa altezza della strada alzaia, e se scemasse notabilmente renderebbe impossibile la navigazione. Si aggiunga che se il canale di navigazione potesse avere grosse magre e grosse pieve presenterebbe gli inconvenienti dei fiumi, ed, oltre la necessità delle opportune difese, renderebbe impossibile la navigaziene per una parte dell'anno, e la difficulterebbe per l'altra. In quanto poi alla profondità necessaria al naviglio questa dipende dalla grandezza e dal carico delle barche che devono tragittare pel canale, dovendo eguagliare la quantità di cui esse pescano aumentata dell'intervallo che deve rimanere fra il fondo della barca e quello del canale, intervallo che non deve mai essere minore di mezzo metro almeno.

429. Si raggiunge lo scopo di mantenere l'acqua nel canale costantemente ad una conveniente altezza, e di assicurare una buona navigazione mediante un opportuno sistema di alimentazione del canale, e, quando occorra, mediante un opportuno regolamento pel tragitto delle barche.

Condizione di buona navigazione è che l'acqua nel canale sia dotata della minore velocità possibile, rendendosi con ciò ugualmente facile in ambidue i sensi; ciò ha anche il vantaggio del risparmio dell'acqua, cosa a cui devesi in ogni caso aver di mira. Se dunque il canale è di semplice navigazione si procaccerà di farlo ad acqua stagnante; se poi è di navigazione e di irrigazione insieme, allora si darà all'acqua la sola velocità necessaria per l'irrigazione e non più.

430. La questione dell'alimentazione del canale pre-

senta poi più o meno grandi difficoltà secondo che vi ha scarsezza od abbondanza d'acqua, e secondo che il canale è a doppia od a semplice pendenza; essa dipende dalle perdite di acqua che sono originate e dai bisogni della navigazione e da tutte le altre cause che determinano il consumo dell'acqua stessa, ed è solo in seguito ad un'esatta valutazione di queste perdite che può essere convenientemente risolta.

Le dette perdite sono originate 1. dal passaggio delle barche pei sostegni ordinati a tragittarle da un tronco superiore del canale ad un suo tronco inferiore, e inversamente; 2. dalla evaporazione; 3. dalle filtrazioni o generali in tutto il fondo e nelle sponde, o locali in qualche speciale porzione; 4. dalle cause accidentali come sarebbero le false manovre, il vuotamento del canale per le necessarie riparazioni ecc. Esse poi possono agire o sopra tutti i punti contemporaneamente, o sopra alcuni punti e tronchi soltanto.

431. In quanto al consumo dell'acqua originato dal tragitto delle barche pei vari sostegni dei quali può essere provveduto il canale è mestieri in primo luogo distinguere il caso in cui le barche tragittano per tutto il canale quanto esso è lungo, da quello in cui, mettendo capo ad un porto intermedio, non ne percorrono che una data porzione soltanto. Nel primo caso l'acqua necessaria al passaggio pei vari sostegni va derivata tutta dal punto il più alto e va tutta consumata nell'operare il passaggio medesimo, nel secondo non è d'uopo derivarla dal punto più alto che quando la barca parta o passi per questo punto per giungere al porto assegnato e vi ritorni calcando la stessa via, ed anche in tal caso al di sotto del porto quest'acqua varrà a sopperire alle altre perdite che hanno luogo da quel punto in avanti; ma se la barca partirà dal punto inferiore allora basterà provvedere l'acqua occorrente al luogo del porto e nulla più. Una tale considerazione merita speciale attenzione per poter ad ogni evento provvedere il canale convenientemente dell'acqua occorrente, la quale non è necessario che sia tutta portata al punto culminante, come da qualcuno si è creduto.

432. Ciò premesso per il tragitto di una barca da un sostegno si estrae dal tronco superiore del naviglio un prisma d'acqua che ha per base la superficie della conca e per altezza la caduta del sostegno; se quindi si dica A la prima

ed S la seconda di queste quantità, ogni barca che tragitta per quel sostegno consumerà un prisma di acqua espresso da $A.S$.

Se una sola barca percorresse il canale, ammettendo che nel tronco percorso sienvi n sostegni, richiederebbe per salire un prisma d'acqua espresso da $n.AS$, snpponendo nguali i sostegni, ma basterebbe un solo di quei prismi di acqua, che passa successivamente di nno in altro, per discendere; se non chè non è guari possibile che tragitti pel canale nna barca soltanto, e allora qnel prisma d'acqua che venne speso per far salire una barca da nn tronco inferiore al superiore servirà a far salire una seconda barca da nn secondo tronco, inferiore al primo dei suddetti, al tronco stesso, e così via. Si fa dunqne stima non molto lontana dal vero ammettendo che per ogni barca che sale e per ogni barca che disceende pel canale sia sufficiente un volnme d'acqua nguale al volnme del sostegno, e quindi se giornalmente tragittano $2m$ barche, metà salendo e metà discendendo, pel loro passaggio occorrerà una qnantità di acqna espressa da $2m.AS$, la quale dovrà derivarsi dal pnnto più alto al quale esse pervengono, e ciò qualunqne sia il numero dei sostegni.

433. Veramente il consumo dell'acqua dovuto al tragitto delle barche pei vari sostegni non è indipendente dal numero dei sostegni, come pure dalla distribuzione delle barche nei vari tronchi; il minimo consumo si ha quando ogni tronco oontiene nna barca pronta a salire ed una a discendere, ed il massimo quando tntte le barche discendenti sono rinnite nel tronco più alto, e tntte quelle che devono salire sono invece nel tronco il più basso. Seguendo l'andamento dell'acqua, e supposti sempre tntti i sostegni di ngual volnme, è facile vedere che se m rappresenta il nnmero delle barche che discendono, ed il numero delle barche che salgono, e p il numero dei sostegni, nel primo caso basta nna quantità di acqna espressa da $m.AS$, e nel secondo si richiede nna qnantità di acqua uguale ad $(m+p-1)AS$; ma siccome questi due casi limiti non si presenteranno forse mai, e difficilmente il numero dei sostegni è maggiore del numero delle barche, così si scorge che ammettendo il consnmo nguale a $2m.AS$ non si andrà certo molto lnngi dal vero, e forse si peccherà più in eccesso di quello sia in difetto.

434. Il consumo dell'acqua è però alcun che maggiore se

fra i sostegni ve ne sia nno di capacità più grande degli altri, e qnando si trovino dno o più sostegni accollati.

Supponendo nel primo caso che $A . S$ rappresenti il volume del sostegno a monte, ed $A(S+B)$ quello del sostegno a valle, egli è evidente che per ogni passaggio per quest'ultimo, occorre un eccesso di acqna espresso da AB; ora egli è bensì vero che con la stessa acqna si pnò far salire una barca e far discendere la superiore, ma occorre per ciò che le dne barche si trovino pronte l'nna a salire, l'altra a discendere nei due tronchi contigui, quindi, per prndenza, converrà ammettere che passando giornalmente per quel sosteguo $2m$ barche, occorra una quantità di acqna espressa da $2m.AB$. Qnest'acqua però non è consumata, perchè può servire a sopperire ad altre perdite nel tratto del canale inferiore al sostegno di maggiore capacità.

Nel caso dei sostegni accollati, accostumandosi di tenere le conche affatto vuote quando non passano le barche, ad eccezione dell'infima, è necessario che resti in ciascnna conca tant' acqua quanta è necessaria per sostenere la barca a ciò non rada il fondo. Se dicesi B l'altezza a ciò necessaria è evidente doversi estrarre dal canale superiore, oltre il prisma AS, anche l'alto prisma AB, che deve rimanere nella prima conca dopoche l'altro AS si è trasfnso nella seconda; così puro nel salire da una conca all'altra non solo dovrà introdnrsi nella prima il prisma AS ma anche nella seconda il prisma AB, perchè la barca possa entrarvi. Così stando le cose, tenendo dietro alla trasmissione dell'acqna, si vedrà facilmente che, se n è il numero dei sostegni accollati, ogni barca che discende richiederà nn prisma di acqua nguale ad $AS + 2 . AB$, qnando il nnmero dei sostegni sia maggiore di due, ed ogni barca che sale un prisma uguale ad $n . AS + (n-1) AB$, e perchè in questo caso la barca che discende deve essere passata per tntti i sostegni prima che qnella che sale ripassi pei medesimi, così le m barche discendenti e le m salienti richioderanno un prisma di acqua espressa da $m(n+1)(AS+AB)$. Qui pure questo eccesso d'acqna varrà a sopperire ad altre perdite nei tronchi inferiori.

435. Assai difficile riesce valntare il consumo di acqua dovuto alla evaporazione, dipendendo principalmente dal clima e dalla sua esposizione ai venti dominanti, nulla dnnque si può dire di preciso in questo riguardo; in Francia, nel canale del centro, Comoy la stima a $0,^{m}004$ per giorno in estate,

e secondo alcune esperienze eseguite nel canale di Linguadocca si valuta annualmente in un prisma d'acqua avente per superficie la superficie del canale ed un' altezza di $0^{m},8$; è però importante osservare che il consumo dell'acqua dovuto alla evaporazione merita principalmente di essere considerato nelle stagioni di poche acque, attesochè qnando siavi acqne in copia, cioè nelle stagioni umide, l'acqua non fa mai deficenza.

436. Per quanto spetta alle perdite per filtrazione è mestieri separare quelle perdite inevitabili che hanno luogo sopra tutto il canale da quelle accidentali che si possono presentare in un sno tronco speciale; le prime esistono sempre, le altre possono esistere ed anche non esistere, ed è evidente che nulla si può prevedere sopra il consnmo d'acqna al quale esse possono dare origine; noi dunque non diremo qualche cosa che sulle prime soltanto.

Fra l'evaporazione e la filtrazione, o assorbimento dell'acqua nel fondo e nelle sponde porose del canale, vi ha un'essenzìal differenza; mentre la prima è presso a poco funzione della superficie dell'acqua in contatto coll'aria, la seconda non dipende menomamente da questa superficie; motivo per cui difficilmente si può stabilire un rapporto fra queste dne perdite; ciò nulla meno suolsi accettare come regola la conseguenza di alcnne esperienze del canale di Lingnadocca, secondo le quali questa perdita sarebbe a quella dovuta all'evaporazione come 3 a 2. Se nonchè alcune osservazioni del Comoy snl canale del centro farebbero ragionevolmente dubitare che una tale stima fosse piuttosto scarsa. Stando a quanto osservò questo distinto ingegnere parrebbe non potersi stimare a meno di $0,^{m}031$ nei terreni argillosi, e $0,^{m}021$ nei terreni sabbiosi per ciascun giorno della state, il chè darebbe il rapporto di 8 ad 1 circa nei primi, e di 5 ad 1 nei secondi. Minard nel suo corso di navigazione stima che il canale del Mezzogiorno perda mediamente per causa dell'evaporazione, della filtrazione, e della fuga di acqna per le porte dei sostegni da $0,^{m}03$ a $0,^{m}04$ per giorno.

La maggior perdita estiva tanto per causa dell'evaporazione quanto per quella della filtrazione non si potrebbe a tutto rigore applicare ad ogni stagione secca; durante questa stagione sononvi dei giorni nei quali una tal pardita è certamente attenuata, ma siccome non è possibile assegnare tali diminuzioni di perdite, così non è prudente di farle entrare nei calcoli d'alimentazione d'un canale.

437. Le perdite dovute alle cause accidentali, come false manovre, vuotamento di alcuni tronchi, ecc. dipendono troppo dalle circostanze locali e materiali per essere suscettibili di una valutazione anche solo approssimata, e d'altra parte diventano tanto minori quanto è più facile e regolare il regime d'alimentazione del canale, e più destri ed attenti i custodi. Il Comoy nel canale del centro in Francia valuta queste perdite a 30 metri cubi al chilometro per ciascun giorno le prime, e 10 metri cubi pure per chilometro e per ciascun giorno le seconde, ma lo ripeto, questa stima non può servire che per una norma e nulla più.

438. Se oltre alla navigazione il canale serve anche ad altri usi, come per esempio all'irrigazione ed all'esercizio di macchine, allora è per sè evidente che nella stima della quantità dell'acqua occorrente al canale dovrà mettersi in conto anche l'acqua che si impiegha in questi usi. Osserveremo per altro che l'acqua che venisse estratta per l'irrigazione è acqua totalmente perduta, ma quella che si cavasse per far muovere un qualche macchinismo non è perduta, attesochè essa viene restituita al canale inferiormente; va stimata nella valutazione dell'acqua necessaria ad alimentare i tronchi superiori, ma pei tronchi inferiori essa servirà ad alimentare quei tronchi, pei quali riesce come una novella presa d'acqua.

Capo XI. Alimentazione e conducimento del canale.

439. Determinata la portata necessaria al naviglio dobbiamo ora vedere il modo con cui provvedere la quantità d'acqua a ciò necessaria. È mestieri per ciò distinguere i tre casi: 1. di canale a punto di partizione o a doppia pendenza; 2. di canale alimentato da un lago; 3. di canale alimentato da un fiume. Il primo non è mai di navigazione e d'irrigazione insieme, i secondi possono adempiere e l'uno e l'altro ufficio.

440. In quanto ai canali a punto di partizione è evidente non esser necessario di riunire tutta l'acqua occorrente per la loro alimentazione nel punto il più alto, ma che si deve fare profitto anche di tutta l'acqua che, sopra i due versanti, può essere introdotta in qualche punto del naviglio e che quanto più si si terrà stretti al principio che l'acqua deve percorrere la minor lunghezza possibile del canale per giungere al punto dove è necessaria tanto migliore sarà il

sistema di alimentazione adottato, e più sicura e meno imbarazzante la navigazione.

La condizione posta è facile a soddisfarsi per quelle cause di perdita d'acqua che operano sopra un punto determinato, e per ciò basta calcolare il consumo d'acqua dovuto alle stesse cause e provvedere direttamente il cubo d'acqua a ciò necessario nel tronco ove essa fa di bisogno. Se non si abbia un corso d'acqua che ne somministri in sufficiente quantità sarà necessario stabilire dei serbatoi, il più prossimamente possibile al tronco che si considera, i quali economizzino nella stagione umida l'acqua della quale si ha di bisogno nella stagione delle maggiori siccità.

441. Non è possibile però di procedere nella stessa maniera per quelle cause che operano sopra tutto il canale, come l'evaporazione e l'infiltrazione, essendo impossibile di restituire direttamente a ciascun tronco l'acqua ch'egli perde giornalmente per loro cagione; imperocchè e le condizioni del terreno non si presteranno generalmente ad una alimentazione così suddivisa, e quand'anche esse lo permettessero ciò nulla meno non si dovrebbe adottare, richiedendo un forte dispendio nel primo stabilimento, una dispendiosa manutenzione, ed una alimentazione delicata e difficile a poter esser sorvegliata a dovere.

Pel consumo d'acqua di questa specie è mestieri di dividere i tronchi di ciascun versante in gruppi, così 1. che i varii punti ove può essere introdotta l'acqua corrispondano a località tali da permettere lo stabilimento degli opportuni serbatoi; 2. che la quantità d'acqua che deve essere somministrata a monte di ciascun gruppo sia tale che l'acqua che si deve trarre giornalmente dal sostegno il più alto non impedisca soverchiamente la navigazione.

Quest'ultima condizione porta la necessità di adottare differente disposizione a seconda della maggiore o minore importanza della navigazione. Se il numero delle barche percorrenti il canale si avvicina al numero massimo allora, riescendo nocivo l'interrompere la navigazione allo scopo di provvedere alla necessaria alimentazione dei tronchi inferiori, converrà che i suddetti gruppi abbiano piccola lunghezza; quando invece il numero delle barche permetta di poter, senza alcun inconveniente, disporre di alcune ore per sopperire ai bisogni dell'alimentazione, allora si può dare ai gruppi stessi una lunghezza maggiore.

442. Le esposte considerazioni potranno essere sufficienti

por dare un' idoa del modo secondo cui si deve procedere alla determinazione dei dati per provvedere il canale della migliore alimentazione permessa dalle circostanze; la brevità prescrittami mi toglie di entrare in tutti i dettagli che si richiedono all'uopo, ed io non posso che rimandare allo studio dei progetti di dettaglio, e delle memorie che ne trattano in particolare, frà le quali raccomando quella dell'ingegnere Comoy sull'alimentazione del canale del Centro, inserita nel tomo I° della seconda serie degli Annali di ponti e strade (Paris, 1841).

443. Quando un canale di navigazione sia derivato da un lago allora si presenta, come pei canali di irrigazione, un doppio caso; cioè o non si può alterare menomamente il regime del lago, oppure è permesso di alterarlo dentro assegnati limiti. Nel primo caso null'altro si ha a fare che partire l'acqua dell'emissario naturale del lago fra il canale e l'emissario stesso; nell'altro si dovrà risolvere un problema analogo a quello risolto nel § 408 e seguenti, ai quali rimando per tutto quello che i due problemi hanno di comune.

444. Assegnata come al § 408 la legge degli afflussi, e fissati i limiti di massimo sbassamento e di massima elevazione, si partiranno gli afflussi in quattro grandi poriodi, cioè in due degli afflussi minimi ed in due dei massimi; ciò fatto si determinerà l'afflusso integrale durante le due epoche degli afflussi minimi, e siccome è evidente che nell'epoca stessa non si potrà dispendiare cho la quantità di acqua disponibile che naturalmente entra nel lago aumentata di tutta l'acqua accumulata nel lago durante l'epoca degli afflussi massimi, così esprimendo con $\left(\Sigma p\right)_a^b$ la somma degli afflussi minimi nel periodo da a a b, con S la superficie media del lago, e con H l'altezza massima sopra la minima, la portata del canale durante ciascun periodo non potrà superare la quantità

$$\frac{Q\left(\Sigma p\right)_a^b + S\,.\,H}{b - a}$$

Il conto si ripeterà per le due epoche degli afflussi minimi e si dovrà prendere la minore delle due quantità risultanti.

Se la portata avesse a riescire maggiore di qualcuno

degli afflussi estremi di ciascuna epoca si rinnoverà il calcolo comprendendo l'afflusso stesso nell'epoca degli afflussi minimi.

Si calcolerà poi l'afflusso totale nelle epoche degli afflussi massimi e si rigetterà tutta la quantità di acqua che supera l'efflusso corrispondente pel naviglio aumentato della quantità $S \cdot H$.

445. Supponendo che gli afflussi sieno quelli della tabella del § 412 e che il canale debba essere di semplice navigazione, quindi a portata costante, e che di più non sia tollerato che un alzamento eguale a 4 sul livello minimo si procederebbe così.

I due periodi dei minimi afflussi comprendono i periodi minori 6, 7, 8, 9, 10 il primo ed i periodi 17, 18, 19, ... 23, il secondo, per ciò avremo

Epoca prima	. $Q\Sigma p = 344$	Portata del naviglio $=$ 148,80
Id.	. $S.H = 400$	
Id.	. $b - a = 5$	
Epoca seconda . .	$Q\Sigma p = 744$	Portata del naviglio 133,14
Id.	. $SH = 400$	
Id.	. $b - a = 7$	

Si dovrebbe prendere il numero 133,14, ma osservando che il periodo 24 non ha che un afflusso di 132 così si rinnoverà il calcolo comprendendolo nell'epoca seconda, e allora sarà

Epoca seconda	. $Q\Sigma p = 1064$	Portata del naviglio 133
Id.	. $S.H = 400$	
Id.	. $b - a = 8$	

Si dovrà dunque valutare in 133 soltanto la portata da assegnarsi al naviglio. Progredendo sarà

Afflusso integrale durante i periodi 1, 2, ... 4 . .	1136
Efflusso integrale del naviglio	532
Residuo	604
Approvigionamento . .	400
Da rigettarsi	204
Afflusso integrale durante i periodi 4, 5, ... 10 .	468
Approvigionamento . .	400
Totale . . .	868
Efflusso pel naviglio. .	798
Da rigettarsi	70

Afflusso integrale durante i periodi 11, 12, ... 16 .	1732
Efflusso pel naviglio .	798
Residuo . . .	934
Approvigionamento . .	400
Da rigettarsi	534

La quantità d'acqua che và rifiutata, e che deve farsi fluire per l'ordinario emissario del lago, può rigettarsi con qualunque legge, basterà far si che sempre si rigetti e che le altezze non superino mai la prescritta. Nella condotta pratica gioverà stabilirsi le altezze corrispondenti in medio alle varie epoche sopra opportuni idrometri e regolarsi in base alle altezze medesime.

446. Egli è evidente che se il canale deve essere e di navigazione e di irrigazione insieme, allora basterà sottrarre dagli afflussi la corrispondente quantità d'acqua che è necessaria per la navigazione, e allora il problema dell'alimentazione ricade precisamente in quello che abbiamo risolto pei semplici canali di irrigazione.

447. Se il canale di navigazione si deriva da un fiume allora è mestieri in primo luogo provvedere che l'acqua non possa mai mancare nel caso di magra del fiume, nè diventi mai soverchia quando il fiume medesimo monta in piena; a questo si aggiungerà che se il fiume corra in ghiaia o materia pesante non possa la detta materia interrire il canale.

Come pei canali di irrigazione si provvede a ciò colla chiusa, coll'argine regolatore e cogli scaricatori di fondo o paraporti, solo il bisogno di una comoda navigazione esige qui particolari avvertenze, intorno alle quali daremo quei pochi cenni che ci paiono sufficienti, rimandando al trattato dei canali di navigazione dell'abate Antonio Lecchi chi desiderasse intorno ai medesimi un'istruzione più estesa.

448. Alla scarsezza dell'acqua in magra si provvede con la chiusa, ma siccome essa impedirebbe lo scarico della piena così è mestieri di particolare avvertenza nella scelta del luogo ove collocare la chiusa medesima, non chè sulla sua forma. Se una sezione ristretta del fiume presenta dei vantaggi relativamente alla maggiore stabilità della chiusa, presenta gravissimi inconvenienti nel caso di piene, e difficulta l'entrata delle barche dal fiume nel canale per la troppa velocità. È dunque assai migliore consiglio di scegliere una sezione ampia del fiume così che la pescaia at-

traversante l'alveo permetta sempre un proporzionato sfogo alle piene, e la minore velocità una più facile comunicazione.

In quanto all'altezza che si deve daro alla chiusa essa deve essere regolata così che, nel caso di magra del fiume, l'altezza dell'acqua all'incile del canale sia quella che è necessaria per introdurre nel canale stesso la quantità d'acqua che occorre per la navigazione, o per la navigazione e per l'irrigazione se il canale devo servire a questo doppio scopo. Egli è assai difficile di regolare di primo tratto l'altezza della chiusa, tanto più che la sua forma rende assai dnbbiosa l'applicazione della teoria ; è quindi miglior consiglio quello di tenersi in principio piuttosto scarsi, potendosi provvedere con opere amovibili, ma di disporre la costruzione così da potersi dare alla chiusa ulteriore alzamento ; l'esperienza di alcune magre e piene successive farà vedere se si pnò senza inconvenienti rialzarla o nò, e fino a qual punto.

La sua forma deve facilitare lo scarico della piena ed il trascorrimento delle ghiaie, quindi il ciglio superiore va sbassandosi verso il mezzo del fiume, ed alcune fiato la chiusa si termina ad una certa larghezza, per lasciar libero l'alveo dalla parte opposta allo scarico della materia trascinata lungo il fondo.

449. Lo sfogo delle piene che fassi dal ciglio della chiusa, moderatamente alzata, non potrà giammai impedire che non entri nel canale una parte della piena stessa con alterarne soverchiamente la portata, e se un tale eccesso d'acque non venisse tosto scaricato riescirebbe a sicura rovina del naviglio. Sopperisce in parte a quest'uopo l'argine regolatore, col permettere il traboccare di questa piena nel fiume principale, il quale a livello sempre più basso costeggia la diversione. Condotto a quest'uopo il canale parallelamente al fiume per un lungo tratto, qnanto si reputa necessario a scaricare tutta la piena e le ghiaie del fondo, per una lunghezza più o meno grande a norma del bisogno si tiene la sua sponda, che si volge al fiume, a livello della cresta della chiusa, con che è lasciato adito all'acqua soverchiante di versarsi nel sottoposto fiume, allegerendo per tal modo l'acqua che deve alimentare il canale. L'argine regolatore così costruito non è altro dunque che un esatto regolatore di quell'altezza d'acque cho è dovuta alla navigazione, od alla navigazione ed all'irrigazione insieme, togliendo al naviglio quell'eccesso d'acqua che tornerebbe di danno al naviglio medesimo.

450. L'uso dell'argine regolatore deve essere però limitato, riescendo difficile regolare interamente col suo uso la quantità dell'acqua, e d'altra parte non potendosi nemmeno scaricare per esso tutta la piena quando il fiume, correndo in ghiaia, trascini questa per entro il canale, dovendosi versare pure nel fiume la ghiaia del fondo. L'artificio più rilevante sta principalmente nell'uso degli scaricatori di fondo, ossia dei paraporti, dei quali abbiamo già detto trattando dell'alimentazione dei semplici canali di irrigazione; siccome il loro ufficio e la loro costruzione è identica così ci riportiamo per questa parte a quanto si è detto al § 418.

451. Tutti i provvedimenti allo scopo di moderare la piena e di espellere le ghiaie del fondo, è evidente, rendersi necessarii soltanto a quei navigli, i quali continuando la navigazione dello stesso fiume, hanno perciò imboccatura molto ampia e tale da non potersi o restringere o chiudere nel tempo delle escrescenze. Quando i navigli dalla loro imboccatura non ammettono fuorchè quel misurato corpo di acque che si rende necessario alla navigazione, e quando, quindi, la bocca stessa è munita di chiaviche che si regolano a norma dello stato del fiume, allora possono risparmiarsi anche tutti questi provvedimenti, bastando a ciò un opportuno uso delle chiaviche stesse.

452. Non si può dare alcuna regola generale circa alla pendenza che deve avere un canale di navigazione, dappoichè non è necessaria alcuna declività di fondo perchè l'acqua abbia il suo corso dall'uno all'altro luogo, e perchè l'ingegnoso artificio dei sostegni ci rende padroni di moderare interamente a nostro beneplacito la naturale pendenza del terreno. La comodità della navigazione e l'economia dell'acqua richiedono che in ciascun tronco la velocità riesca la minore possibile, ed in ogni caso, data la larghezza del naviglio, proporzionata alle dimensioni delle barche che devono percorrererlo, e la portata di ciascun tronco, le solite formole idrometriche, daranno la pendenza del fondo; si ripartirà fra i sostegni quel tanto della caduta totale che sopravvanza alla caduta dovuta alle pendenze del fondo dei varii tronchi.

Egli è per sè evidente che, qualora il canale debba sopperire anche ai bisogni di un'estesa irrigazione, il suo primo tronco all'incile deve essere dotato di molta ampiezza e di sensibil pendenza, allo scopo di introdurre tutta l'acqua necessaria, però si abbonderà più nella prima che nella

seconda non dovendosi difficoltare troppo la navigazione ascendente.

Se l' acqua che decorre pel naviglio è torbida allora, non potendosi dare al fondo quella pendenza che si richiederebbe allo smaltimento della stessa, converrà sopperire con opportuni scaricatori di fondo convenientemente ripartiti, abbondando quanto occorre nella derivazione dell' acqua; non sarà però sempre possibile di ottenere dai medesimi l'intiero effetto desiderato, ma basterà di ottenere che solamente di tanto in tanto sia necessario che l'opera dell'nomo supplisca al difetto della natura.

453. Se un canale di navigazione termina in un fiume, pel quale debba continuarsi la navigazione, allora relativamente allo sbocco si dovranno avere le seguenti avvertenze:

1. Si preferirà sempre quel tratto d'alveo di fiume ove esso decorra ristretto da rive stabili o di sasso o d'altra guisa resistenti;

2. Si sceglierà tal sito ove il filone del finme corra più vicino allo sbocco del canale, acciocchè le barche che passano dal naviglio nel fiume più facilmente si trovino nel filone del fiume stesso;

3. Si preferirà quella sezione ove la velocità del fiume non sia eccedente, e dove il corso sia stabilito;

4. La direzione dello sbocco del fiume si farà a seconda della corrente con comodo piegamento che non contrasti ma sì bene cospiri col suo corso;

5. Fra l'ultimo sostegno e lo sbocco del finme vi sarà tratto abbastanza ampio perchè le barche possano sicuramente raccogliervisi nel caso in cui sia interrotta la navigazione del fiume per piena eccedente;

6. L'ultimo tronco si scaverà così che mentre il pelo dell'acqua si spianerà sul pelo del recipiente siavi tanta altezza, almeno, che le barche possano sostenervisi nel loro passaggio;

7. Si accompagnerà lo sbocco del naviglio con un molo di muro che leggermente vada piegandosi verso il mezzo del fiume, rendendo abbastanza ampia l'imboccatura perchè le barche che passano dal fiume nel naviglio possano comodamente e sicuramente entrarvi.

LIBRO QUINTO

Fisica dei fiumi

—

Capo I. — Origine delle correnti. Fenomeni principali.

454. Tutte le fontane traggono origine dalle acque cadenti dal cielo in forma di pioggia o di neve, e sono alimentate dai grandi serbatoi che si trovano sparsi sulle alte montagne. Le maggiori correnti si formano dall'unione delle acque che sgorgano dai fonti prima in rivoletti, poi in rivi maggiori e così via; tale è dunque ancora l'origine di tutte le correnti che solcano in varia guisa la superficie terrestre.

455. I fatti i quali vengono in appoggio di questa proposizione sono:

a) i fiumi maggiori, cioè più copiosi di acque e più gonfi, discendono dai paesi più nevosi e più vasti. Per fermarmi a un solo esempio, il Po è il maggiore dei nostri fiumi, essendo la comune grondaia delle acque che dall'una parte cadono sui versanti meridionali delle alpi, e dall'altra sul versante dell'Appennino, le quali catene di monti scorrono per lungo tratto pressochè parallele;

b) La quantità d'acqua che cade in un anno sopra quel terreno che manda le sue acque nel fiume che si considera è molto maggiore di quella che il fiume stesso annualmente scarica nel mare. Così ad esempio la portata annua del Po è appena tre quarti della quantità di acqua che cade nella sua parte pianeggiante, ed è noto che la pioggia che cade nella parte montana è notabilmente maggiore. La portata annua della Senna è circa un terzo della pioggia che cade a Parigi, e quella del Missisipi appena un quarto della pioggia che cade sulla parte piana della sua valle ecc.;

c) Minutamente analizzando le varie fontane si trova non esistere polle d'acqua sulle cime più alte dei monti; le acque scaturire sempre dal di sopra degli strati di pietra o di creta e non mai dal di sotto; nelle caverne l'acqua cadere dall'alto, o lateralmente seguire il corso dei cinghioni e degli strati ecc.

456. Lasciando da parte le tante opinioni sull'origine dei fonti, e quindi delle correnti, troppo bizzarre per meri-

tare di fermarvisi sopra, mi accontenterò di esporre qui qnella del Descartes; suppone egli che l'acqua del mare, infiltrandosi nei terreni, trovi qua delle spaziose caverne dove si converte in vapore, per l'azione del calorico centrale, il quale vapore, venendo a contatto delle fredde loro volte, si condensi quivi in acqua, che scorrendo lungo la vòlta formi le polle, le fontane ed i rivi. La distillazione è necessaria avendo dimostrato l'esperienza che per filtrare l'acqua del mare non diventa dolce. Se anche qualche piccola polla dovesse a ciò la sua origine, è troppo chiaro che una tale spiegazione non potrebbe dare ragione delle enormi portate di alcuni fiumi, bastando immaginare quali lambicchi occorrerebbero per alimentare, non dirò il fiume delle Amazzoni, ma anche solo il nostro Po. Arroge che in tal caso le acqne delle fonti dovrebbero scorrere sotto un terreno impermeabile ma non mai sopra lo stesso.

Chi desiderasse una più ampia delucidazione della questione potrà consultare la Lezione Accademica intorno l'origine delle fontane ecc. di Antonio Vallisnieri, Venezia, 1726.

457. Accertata per tal modo l'origine delle acque che solcano la superficie del globo, ci sarà ora assai facile il render ragione dei varii fenomeni che si riportano al vario avvicendarsi della maggiore o minor copia d'acqua ohe costituisce un fiume qualunque.

Se noi, partendo dall'ultimo termine di nn fiume, ove mette capo in mare, lo andiamo percorrendo fino alle sue origini, vedremo che esso va successivamente ricevendo altri corsi di acqua, tanto più numerosi quanto più ci andiamo accostando all'origine stessa, e che il medesimo succede, in proporzioni però gradatamente minori, di ciascuno di quei particolari corsi di acqua che vengono ad immettere nel fiume principale che avremo preso a considerare. Il sistema di nn fiume qualunque si compone dunque di molteplici corsi di acqua i quali vanno successivamente a riunirsi fra loro, formando così correnti di più in più grandi, fino a che finiscono col riunirsi al basso per formare il fiume principale, ordinato a oonvogliare al mare, tutte riunite, le acque dei singoli oorsi che costituiscono il sistema generale del fiume medesimo.

Gli accidenti particolari del terreno determinano quella estensione del terreno stesso le cui acque vanno a riunirsi insieme, e questa estensione costituisce ciò che dicesi il *bacino del fiume*. Il bacino di un fiumo è poi scompartito

in tanti bacini singolari quante sono le correnti di acqua che confluiscono insieme. Il nome di bacino non si dà però che a quella estensione di terreno che è solcata da una corrente abbastanza copiosa e nel quale si trovano variamente sparse le fontane ed i rivoletti che servono ad alimentarla.

458. L'acqua che cade sopra un qualunque bscino parte si infiltra nel terreno fino a che trova uno strato impermeabile sottoposto, sul quale scorre alla china, originando così le fontane che si trovano verso il basso delle varie vallate; parte, o per essere il terreno impermeabile, o perchè già imbevuto d'acqua, scorre invece direttamente sulla superficie, e parte viene di nuovo convertita in vapore, e torna nelle alte regioni dell'atmosfera a formare le nubi e riconvertirsi poscia in acqua. Che se, o l'elevazione del terreno o la stagione dell'anno, porti una temperatura assai bassa allora l'acqua cade sotto forma di neve e si sofferma sul terreno fino a che una temperatura più mite le permetta di convertirsi in acqua, infiltrandosi allora o scorrendo sulla superficie a seconda della qualità del terreno. La superficiale però scorre effettivamente sulla superficie della sottoposta neve agghiacciata, prendendo corso lungo quelle avvallature che la stessa naturale disposizione dei terreni ha già ingenerate nella crosta agghiacciata che li ricopre.

Se la corrente è di poca entità allora essa rimane totalmente asciutta e quando una durevole siccità gli toglie l'acqua direttamente cadente dal cielo, o quando il freddo della stagione impedisce lo sciogliersi delle nevi; ma se la corrente dell'acqua è piuttosto grande, ed estesa è la superficie del suo bacino, allora l'acqua corre perenne, trovando o nell'una o nell'altra delle sue sorgenti quanto gli basta per non rimanere mai interamente priva d'acqua. Questo si verifica in tanta maggior proporzione quanto è più copioso di acqua il fiume ed è più vasta l'estensione del suo bacino, attesochè coll'aumentare la superficie del bacino si aumentano le probabilità di trovare l'acqua occorrente, e scemano gli accidenti che possono influenzare una piccola porzione ma che in medio non possono colpirla tutta.

Da ciò nascono i fiumi *temporanei* ed i fiumi *perenni*; si scorge ancora come un fiume potrebbe farsi da temporario perenne e inversamente col modificare le condizioni di permeabilità del terreno del suo bacino, o l'influenza dei venti dominanti e così via.

459. La stessa origine delle correnti d'acqua ci mostra come esse vadano soggette a gonfiare o a crescere ed a calar di portata a seconda delle circostanze meteorologiche. Quando la corrente è piccola allora le sue variazioni sono frequenti, repentine, di piccola durata, perchè allora dipendono interamente dalla quantità di acqua che cade sul suo bacino, che è di piccola estenzione e in condizioni pressochè uguali di permeabilità, per cui una meteora di acqua lo prende tutto, e quindi ad ogni acquazzone tosto la corrente gonfia e discende a stato ordinario poco dopo il cessar del medesimo, sicchè la piena segue tosto la pioggia e cade anche tosto che essa sia cessata.

Questo stesso succede allo sciogliersi delle nevi, essendo comune a tutto il bacino la causa che ne promove il più o men rapido liquefarsi. Ma quando più correnti di acqua si sono riunite a formare un grosso fiume allora queste variazioni di portata sono più rare ma più durature; imperocchè la piena della corrente riunita è conseguenza delle piene dei singoli confluenti, i quali assai difficilmente possono trovarsi in piena contemporaneamente, e quindi, collo alternarsi delle loro piene, e dei tempi nei quali succedono, e dei tempi delle confluenze, mantengono sempre nel fiume comune uno stato di acqua copioso, e non ingenerano che rare volte una vera piena, e questo allora soltanto che circostanze simili si combinino sopra tutta la vasta estensione del bacino comune. D'ordinario tali simili circostanze si combinano in due epoche dell'anno, cioè al termine dell'autunno, che è l'epoca delle maggiori pioggie e più estese, ed in primavera molto inoltrata, in quei fiumi che vengono alimentati da sorgenti che traggono origine dalle alte giogaie coperte di neve, per lo scioglimento delle nevi, che avviene allora in grandissima estensione e per l'aumentata temperatura e per l'influenza dei venti caldi che si estendono a grandissimo tratto di paese. È facile anche lo scorgere, dalla ragione recata ora delle due piene, quando in un fiume si riscontrano ambedue, che la piena di autunno sarà più repentina, più elevata ma meno duratura, e che al contrario quella di primavera sarà più lenta, meno elevata ma più persistente.

460. Questi fenomeni relativi alle variazioni della portata dei fiumi tendono sempre più a regolarizzarsi quanto è più grande il corpo d'acqua e quindi quanto più vicino alla foce si considerano, e ciò per ragioni assai ovvie a vedersi.

Così pure assai stabile è la portata di quei fiumi che sono alimentati da nn vasto lago, il quale serve da moderatore della portata; un lago rapporto ad un fiume che da esso trae l'alimento è precisamente quello che è un volante in una macchina, immagazzina l'acqua quando è in eccesso per somministrarla allora cho si troverebbe in difetto; e ciò tanto meglio quanto è più esteso. A questo beneficio reso dai laghi se ne aggiunge un'altro che vedremo in appresso.

461. A formarsi un'adequata idea dell'indole e dell'importanza di un fiume è necessario conoscere la sua portata nei varii mesi dell'anno e nei vari suoi stati. A quest'uopo è mestieri di misurare direttamente la sna portata in alcuni stati bene caratterizzati del fiume, e dedurre dalle note formole idrometriche la sua portata negli altri stati del fiume stesso; dal che potremo argnire le portate nei varii tempi ogni qual volta siensi accuratamente notate le altezze dell'acqua nei tempi stessi. Egli è per sè stesso evidento che queste osservazioni si dovranno estendere per un nnmero di anni tale che possa essere sufficiente a fornire con fondamento un dato medio abbastanza attendibile.

Ciò premesso dicesi *deflusso medio* o *modulo* di un fiume la sua portata media in un anno, cioè la media aritmetica delle sue portate nei vari tempi dell'anno. Queste portate notate poi in apposito prospetto, o meglio rappresentate geometricamente con curve, prendendo il tempo per assissa e la portata per ordinata, danno un'idea del vario avvicendarsi della quantità d'acqua scorrente pel fiume stesso, e quindi dell'indole sua speciale, per quanto spetta alla legge delle portate.

462. Il confronto fra varii fiumi devesi fare e rapporto al loro modulo, e rapporto alla legge dei loro deflussi, e finalmente rapporto alla ragione che esiste fra la loro portata di magra ed il loro modulo; il primo dà l'idea della entità di ciascun fiume; il secondo dell'indole loro speciale, particolarmente per quanto si attiene alle epoche delle maggiori e delle minori portate; e l'ultimo del vario grado di perennità dei varii fiumi, essendo chiaro che un tal grado di perennità è tanto maggiore quanto più il deflusso minimo nello stato di magra si avvicina al modulo, cioè al deflusso medio.

I deflussi dei varii fiumi non seguono tutti la stessa legge; così ad esempio confrontando l'andamento dei deflussi del Pò e della Senna vedremo che il Pò discende sotto il suo modulo due volte all'anno, cioè alla fine di luglio ed al

principio di dicembre, e lo oltrepassa due volte, avendo due minimi deflussi in agosto e in gennajo, e due massimi deflussi in ottobre e maggio, laddove la Senna oltrepassa il suo termine medio intorno alla metà di novembre crescendo successivamente fino a toccare il massimo in febbraio e marzo, ritornando poi verso lo stato medio al termine di aprile, sotto del quale si tiene per tutta la state e l'autunno fino al novembre; il suo deflusso minimo ha luogo d'ordinario in agosto e settembre.

Il fiume dicesi *jemale* quando la sua massima portata si riscontra nella stagione invernale, ed i suoi minimi deflussi si succedono nella state; dicesi *estivo* quando abbia luogo l'opposto. Così per esempio la Senna sarebbe fiume jemale, ed al contrario l'Adda, il cui massimo deflusso ha luogo in giugno e luglio, fiume estivo.

463. Come abbiamo detto il grado di perennità di un fiume dipendendo dal rapporto che esiste fra la sua minima portata e la sua portata media, così si potrà prendere il numero rappresentante un tale rapporto ed indicare la sua perennità. Siccome questo elemento ha una grande importanza per indicare tosto l'indole particolare del fiume, così lo esprimeremo anche con un nome particolare dicendolo *coefficiente di perennità;* egli è per sè stesso evidente che quanto è più grande un tal coefficiente e tanto più regolare è il fiume, o maggiormente uniforme la sua portata; si potrebbe dire essere il fiume tanto migliore quanto è più grande il suo coefficiente di perennità.

Per dare un qualche esempio: la portata minima del Pò a Ponte Lagoscuro si può valutare, secondo i calcoli del Lombardini, in metri cubi 344, ed essendo il suo modulo metri cubi 1720 il suo grado di perennità sarebbe 0,20. Secondo le osservazioni del celebre Venturoli la portata minima del Tevere sarebbe m. c. 165 ed il suo modulo m. c. 267 il suo coefficiente di perennità sarebbe quindi 0,60. Finalmente secondo i dati somministrati dal Lombardini, il deflusso minimo dell'Adda sarebbe m. c. 16,28 ed il suo modulo m. c. 186,85, quindi il suo coefficiente di perennità 0,09, ecc.

Capo II. — Distinzioni fra le varie correnti, loro caratteri e denominazioni.

464. Lasciando i rivi o le piccole correnti, che non meritano speciale riguardo, le correnti d'acqua si dividono in *torrenti, fiumi*, e *fiumi torrentizii.*

Caratteri distintivi dei torrenti sono; grande variabilità di portata, piene repentine, altissime e di breve durata; grande pendenza, non minore di 0,02; letto di ghiaie e ciottoli, ampio, instabile.

Caratteri distintivi dei fiumi sono: stabilità di portata, oscillazioni intorno al medio non grandissime e sufficientemente regolari; piene lente e durature; pendenza piccola, non maggiore di 0,001; letto in sabbia e terra, non molto ampio in paragone della portata; alveo stabilito, o almeno non soggetto che a variazioni assai lente.

Fiume torrentizio è quello che non è nè ben fiume nè ben torrente ma che sta in mezzo fra l'uno e l'altro.

D'ordinario una corrente comincia torrente nelle native gole dei monti o per un certo tratto al di là, poi veste la natura di fiume torrentizio, e termina finalmente in un vero fiume.

465. Nel bacino di una qualunque corrente si distinguono tre parti: 1. il bacino di riunione; 2. il canale di scarico; 3. il bacino di deposito.

Per procedere gradatamente considereremo dapprima il bacino di un torrento; in queste correnti il bacino di riunione è quella parte ove si riuniscono le acque e dove dalle stesse il terreno è scavato o travolto; esso ha la forma d' un vasto imbuto variamente accidentato e terminante in una specie di doccia che si estende a vallo formanto nna vera vallata, o gola, profondamente incavata nei fianchi della montagna; in questa gola i fianchi sono scoscesi, scalzati al piede, e tagliati di tratto in tratto da un gran numero di torrentelli secondarii; sono appunto queste rive che danno al torrente la maggior massa di materia. Fra questo bacino e il bacino di deposito sta il canale di scarico nel quale passa l' acqua del torrente e la materia divelta superiormente dalla stessa senza che in medio succedano variazioni sensibili nelle condizioni dell'alveo, rimettendosi ogni volta pressochè tutta la materia asportata; questa parte è più o meno lunga, non però mai lunghissima ed è sempre nettamente caratterizzata. Finalmente il bacino di deposito è quella parte dove vanno a depositarsi le materie scavate superiormente; esso presenta quasi l' aspetto di nna vasta rovina, ma in mezzo a questo apparente disordine non manca però una certa regolarità; ha la forma di un monticello conico addossato alla gola di sbocco, e per cui si dice anche cono di deposito; gli spigoli che segnano le linee di massima pendenza sono regolarissimi con dolci pendenze che si inflettono un poco al

basso ma con molta regolarità e che partono tutte dallo sbocco, egli è molto largo ed anche assai alto. Seguendo lo spigolo centrale esso forma una curva continua convessa verso il centro della terra, con pendenze rapide all'alto ma che vanno decrescendo al basso; l'inclinazione varia colla natura dei depositi, ma è costante per tutti i terreni di una stessa località, e che hanno la loro origine nella stessa catena di montagne.

466. Analoga partizione esiste pure nel bacino generale di un qualunque fiume, solo il bacino di riunione si compone di tutta quella parte del bacino del fiume nella quale predomina il fenomeno di escavazione, che somministra quindi materia da asportar oltre; l'altro di scarico, d'ordinario assai lungo, è quella parte del corso del fiume dove in medio il fiume nè escava ne interra, ed il bacino di deposito e costituito dal prolungamento del delta in cui hanno luogo le deposizioni delle materie asportate seco dall'acqua.

467. Quando due fiumi confluiscono insieme dicesi *influente* quello che, dopo la confluenza, perde il proprio nome; *recipiente* quello che lo conserva.

Quella sezione per cui un fiume sbocca in un altro dicesi *sbocco*, e *foce* si dice quella per cui un fiume mette in mare.

468. Il fiume dicesi *incassato* quando scorre fra sponde naturali le quali non possono essere superate nemmeno dalle più grandi piene del fiume stesso.

Quando il fiume scorre incassato si farà sponde naturali nel suo medio stato di acqua, ma ha mestieri di quelle dighe che diconsi *argini* per contenere le sue piene, acciocchè non si versino sulle adjacenti campagne, allora il fiume dicesi *arginato*.

Dicesi *pensile* il fiume, o un tronco di fiume, quando il suo letto è più alto delle campagne circostanti.

Quando il fiume è arginato dicesi *golena* quello spazio di terreno che è interposto fra la sponda naturale del fiume e il petto dell'argine, e si dice che il *fiume corre in golena* quando esiste questo spazio di terreno fra la sponda naturale e l'argine; che se il fiume si appoggia direttamente al petto dell'argine dicesi che il *fiume corre in froldo*.

469. Nomi speciali distinguono pure la diversa disposizione delle sponde; dicesi *piarda* quella sponda che è pressochè perpendicolare all'orizzonte; e dicesi poi *bassa, alta* e *mezzana* secondo che la parte che è perpendicolnre si

trova all'alto, al mezzo o al basso della sponda medesima. *Ripa* dicesi quella sponda che con mediocre pendenza va a posarsi sul fondo del fiume; che se la sponda si spinge notabilmente dentro l'alveo con una pendenza piccolissima, cosicchè il corso del fiume sia pressocchè tutto dalla parte opposta allora dicesi *spiaggia*, *greto* o *renajo;* questi ultimi nomi si danno anche a quei ridossi che sono affatto staccati dalle sponde, e quasi in isola dentro il letto del fiume, allora però soltanto che restano tutti coperti nel caso di piena del fiume stesso.

470. Quando la corrente venendo ad urtare direttamente una sponda ne stacca le varie parti, logorando la sponda stessa, allora quella parte della sponda in cui questo succede dicesi *corrosione* od anche *botta corrosa*, e dicesi vertice della corrosione quel punto della sponda nel quale essa è incontrata dal prolungamento della direzione del filone del fiume superiormente alla corrosione stessa.

Se a ridosso d'una sponda, od anche nell'interno dell'alveo, si trova una porzione dove l'acqua, per rallentata velocità, deposita materia, dando origine ad un renajo, quella porzione si dice un *molente*.

D'ordinario trovasi un molente di faccia ad una corrosione e inversamente.

Quella insenatura, o piegatura in curva a grande raggio, per cui muta la direzione di un fiume, o che altra volta doveva essere una corrosione ma che col tempo finì collo stabilirsi, dicesi *lunata*.

471. *Isola* è un qualunque dosso nell'interno del fiume o staccato dalle sponde, il quale sia tanto elevato che nemmeno le più grandi piene giungono a coprirlo; che se però esso non è coperto nelle piene ordinarie e solo nelle massime, e per cui è possibile di ridurlo qualche volta a cultura, o che almeno sia coperto da erbe e virgulti, allora si dice *bonello* o *mezzano*. *Polesine* è una riunione di isole interposte fra i vari rami di un medesimo fiume.

472. *Rapida* dicesi quel tronco dell'alveo di un fiume sul quale, per la sua grande pendenza, l'acqua ha un corso velocissimo; che se l'acqua di un fiume cade da qualche luogo alto precipitosamente al basso, in maniera che l'alveo superiore sia considerevolmente più alto di quello immediatamente inferiore, tale caduta si chiama *cateratta* o *catadupa* se naturale; che se invece sia fatta dalla mano dell'uomo allora dicesi *pescaja*, *traversa* o *serra* se costruita

18

in muratura o a sassaja, e *steccaja* se fatta di sole palafitcate e tavole.

473. Alcune volte si trovano dei vasti bacini nei quali si raccolgono le acque, dove restano come stagnanti e soggette soltanto all'azione dei venti, i quali producono bensì delle onde, ma non mai un effettivo moto di trasporto dell'acqua. Questi recipienti diconsi *laghi* quando abbiano molto fondo e sieno sempre provveduti di acqua così che il loro livello vada soggetto a piccole variazioni; si dicono *paludi* quando siavi poco fondo, e riescano alimentati dalle acque piovane di un dato comprensorio basso, il quale appunto per la sua piccola elevazione non può scolare le proprie acque. Le paludi restano qualche volta anche asciutte, e diminuiscono notabilmente di estensione nelle siccità prolungate. Le *lagune* non sono altro che vasti seni di mare separati dal medesimo mediante scanni o staggi d'arena, e che comunicano col mare soltanto mediante determinate aperture dalle quali ricevono le acque nel flusso e le tramandano nel riflusso.

Un lago si dice *aperto* quando riceve e emette le proprie acque mediante fiumi che diconsi *immissario* quello che porta acqua, ed *emissario* quello che serve a vuotarla, od anche solo se provveduto d'un emissario; dicesi *chiuso* quando non lascia vedere in quel modo le sue acque fluiscano.

Capo III. — Delle materie trascinate seco dall'acqua corrente, e delle operazioni di escavazione e di interrimento.

474. Le materie trascinate seco dalle acque correnti possono distinguersi in tre classi; appartengono alla prima classe le così dette *ghiaie*, i *ciottoli*, ed i *massi*; la seconda è costituita dalle *sabbie* o *rene*; finalmente alla terza appartengono il *fango*, le *terre*, l'*humus*, ecc.

Le ghiaie sono formate di materiali rotondati d'ogni natura, con predominio generalmente delle materie calcari, dalla grossezza del grano di sabbia fino anche ad un diametro di 0,25; si trovano in massima parte già preparate nel seno dei terreni solcati dalle acque, dalle quali sono messe a nudo e trasportate seco per entro all'alveo della corrente; lo stesso si può dire dei ciottoli, i quali pure si trovano primigenei in grandi depositi nel terreno, testimonii di antiche catastrofi; il loro diametro può anche superare

i venticinque centimetri; se ne trova di varie grandezze, non mai però di molto inferiori a quest'ultima. I massi sono frantumi delle roccie costituenti il bacino di formazione del fiume, i quali, scalzati al piede dalla forza delle acque, precipitano per entro all'alveo e vengono spinti avanti nell'alveo stesso mediante principalmente l'azione dei vortici, come vedremo trattando di questi ultimi. Tutte queste materie, e principalmente i massi, si logorano in parte col rotolare che fanno le une sopra le altre, e per l'azione dell'acqua e delle meteore, riducendosi successivamente in dimensioni minori, e sciogliendosi alcune completamente nelle minute loro parti costituenti, come ad esempio le arenarie ecc.

La *sabbia* o *rena* è pur essa materia primigenia esistente nel seno della terra o sciolta o aggregata, che dall'azione dell'acqua corrente e da quella delle meteore viene trasportata dentro l'alveo e ridotta a minimi granellini, la qual ultima forma è conservata, e in questo stato viene continuamente spinta in avanti; in essa predomina la parte silicea.

Finalmente le terre, il fango ecc. sono costituite da quelle particelle terree, leggere che impregnano tutta la massa della corrente, tenute in sospeso per entro alla stessa dai movimenti varii e discordanti dell'acqua, e che o la colorano uniformemente di quella varia tinta che dipende dalla natura della materia, o come nubi sospese si muovono insieme all'acqua stessa per entro l'alveo della corrente.

475. Il modo con cui le dette materie sono spinte avanti dall'acqua varia secondo la varia loro natura. Le ghiaie, i ciottoli, i massi sono rotolati gli uni sopra degli altri; rade volte e solo le ghiaie più minute vengono sollevate nell'acqua dall'impeto della corrente, ma ricadono ben presto sul fondo a progredire nel loro moto, che può dirsi moto di ruzzolamento. Le sabbie invece in parte progrediscono strisciando sul fondo, ma la maggior copia viene smossa e sollevata dai moti discordanti e vorticosi dell'acqua, dai quali è portata ad altezza più o meno grande da cui discendendo, circondata come è dall'acqua corrente, descrive una curva più o meno prolungata in avanti fino a che arriva al fondo donde viene risollevata di nuovo dall'acqua, e così via trasportandosi in avanti come seguendo tante onde, con moto che potrebbe dirsi appunto ad onde. Attingendo acqua in una corrente infatti fino ad una certa profondità non si cava sabbia, la quale si presenta solo nelle profondità maggiori, e ciò tanto

più quanto più l'acqua attinta è prossima al fondo. Per quanto spetta allo materie terrco queste sono propriamente tenuto in sospeso per cntro a tutta la massa dell'acqua c progrediscono insieme alla stessa in avanti, costituendo coll'acqua scorrente un voro miscuglio.

476. Non è possibile formarsi un'esatta idoa di un fiume considerandolo soltanto come una corrente di sola acqua, è mestieri considerarlo como una corrente di acqua e di materia, la quale trova appunto nella prima il veicolo cho la trasporta in avanti. Così stando le coso il magistero tutto dei fiumi posa sopra le duo operazioni di *escavazione* o di *interrimento*.

L'*escavazione* è quella operaziono per cui le acquo correnti corrodono la superficie del terreno sul qualo prondono il loro corso, ne scalzano lo varie materio costituenti il terreno stesso, e le trasportano seco in avanti nell'uno o nell'altro dei modi sopra accennati.

L'*interrimento* è invece quolla operazione per cui lo acque depositano sul fondo e sulle spondo le materie o spinto o trasportate seco, per manco della forza necessaria a farle progredire in avanti.

Tanto l'escavazione quanto l'interrimento possono estendersi per lunghissimi tratti, o limitarsi in ispazio assai ristretto. In quest'ultimo caso diconsi invece corrosione e molente o deposito, riservandosi il nome di escavazione e di interrimento al primo caso soltanto.

477. Ambedue le accannate operazioni riescono influenzate:

1. Dalla velocità della corrente; egli è infatti evidente che, a parità di altre circostanzo, quanto l'acqua è più veloce e maggiore sarà la sua forza per logoraro il fondo e lo sponde, specialmonte coi moti vorticosi che allora succedono in maggior copia e con impeto maggiore, non chè a spinger oltre le materie staccate, ed a tenerne sospesa una copia maggiore; possiamo dunque concludere che «l'escavazione cresce al crescere della velocità».

Evidentemente l'inverso ha luogo per l'interrimento, perchè quanto è maggiore la velocità e tanto meno materie potranno essere abbandonate lungo l'alveo e depositate sul fondo e sulle sponde; motivo per cui possiam dire che «l'interrimento diminuisco al crescere della velocità della corrente».

2. Dalla naturale pendenza del terreno soggetto a

corrosione o ad interrimento. A parità delle altre circostanze è infatti chiaro che la materia la quale viene ruzzolata sul fondo o fatta scorrere lungo il fondo stesso trovandosi sopra un piano più o meno declive si presterà con maggiore o minore facilità ad essere spinta in avanti, concorrendo coll'azione dell'acqua anche quella della gravità; quindi « a parità di circostanze l'escavazione è maggiore là dove il terreno è più pendente; e sopra terreno di maggiore pendenza è minore l'interrimento.

Tutti i fiumi sono molto più larghi che profondi appunto perchè è più facile l'escavazione alle sponde, più pendenti, che non sul fondo, ed è su questo maggiore l'interrimento.

3. Dalla naturale resistenza che presenta il terreno ad esser corroso. Non tutti i terreni sono dotati di un'uguale tenacità, nè quindi tutti oppongono un'uguale resistenza alle forze che tendono a disunirne le parti; ne consegue che « a parità di circostanze l'escavazione è tanto minore quanto il terreno è più resistente ».

4. Dal peso delle materie o tenute in sospeso o spinte oltre lungo il letto dall'acqua. Egli è manifesto infatti che, a parità di forza dell'acqua, quanto le materie suddette saranno più pesanti e maggiore sarà l'interrimento; quindi « lo interrimento cresce al crescere della copia e del peso delle materie o tenute in sospeso o ruzzolate e spinte lungo il letto del fiume ».

478. Dubuat e Telford hanno fatte alcune esperienze per determinare le velocità minime alle quali comincia a cedere un terreno delle varie qualità accennate nella seguente tabella, che io pongo unicamente per dare una qualche idea del fatto, e per norma che non dovrà però usarsi che quale grossolana approssimazione e non più. Debbo pure avvertire la grande influenza che alla disgregazione di alcuni terreni hanno le meteore atmosferiche, per cui è sufficiente che restino esposti per qualche tempo alle stesse per separarsi in parti, le quali possono allora essere trasportate dall'acqua; per cui quel terreno che non era intaccabile in un tempo lo diventa in un altro, e la sua resistenza va variando secondo il tempo più o meno lungo durante il quale ha potuto subire l'azione disgregante degli elementi ai quali si trovò esposto.

Natura del terreno	Densità essendo uno quella dell'acqua	Velocità dell'acqua	
		Secondo Dubnat	Secondo Telford
Terre stemperate, fango . . .	. . .	. . .	0,076
Argilla bruna da laterizii . . .	2,64	0,081	
Argilla molle	. . .	. . .	0,152
Sabbia grossa	3,36	0,217	
Ghiaia della Senna: grossa come un mezzo pisello	. . .	0,108	
Ghiaia della Senna: grossa come un pisello .	2,54	0,181	
Ghiaia della Senna: grossa come una piccola fava	. . .	0,325	
Sabbia ordinaria	. . .	. . .	0,305
Ghiaia in generale	. . .	. . .	0,609
Ciottoli piatti di mare arrotondati di $0^m,027$ di diam. . . .	2,61	0,650	
Ciottoli	. . .	. . .	0,914
Ciottoli angolosi grossi come un uovo di pollo	2,25	0,975	
Pietre spezzate	. . .	. . .	1,210
Ciottoli agglomerati, schisto molle.	. . .	. . .	1,520
Roccie stratificate	. . .	. . .	1,830
Roccie dure	. . .	. . .	3,05

479. In un tronco di un fiume l'escavazione come l'interrimento possono avvenire da *monte a valle* o da *valle a monte.*

Si dice che l'escavazione o l'interrimento in un dato tronco di un fiume avvengono da monte a valle quando il fiume escava o interra così che l'escavazione o l'interrimento sieno massimi nella parte superiore del tronco e vadano diminuendo gradatamente, progredendo al basso, fino a scomparire del tutto nelle parti inferiori. Inversamente si dice avvenire da valle a monte quando sono massimi nelle parti inferiori del tronco e vanno gradatamente diminuendo col progredire all'insù, fino a scomparire del tutto nelle parti superiori del tronco stesso.

Ora, dalla stessa definizione è facile argnire immediatamente la verità delle due proposizioni seguenti.

1. Qualunque escavazione da monte a valle diminuisce la pendenza del letto e qualunque interrimento pure da monte a valle l'accresce.

2. Qualunque escavazione da valle a monte aumenta la pendenza del letto, e qualunque interrimento la diminuisce.

Capo. IV. — Dello stabilimento del letto dei fiumi rapporto alla legge delle loro pendenze.

480. Percorrendo l'alveo di un fiume qualunque dal suo sbocco in mare fino alle sue origini è facile segnalizzare i fatti seguenti. L'ultimo tronco del fiume, fino ad una certa distanza dalla foce, si dispone mediamente a fondo orizzontale, solo verso la foce si presenta una acclività terminante in un rialzo prodotto dall'azione combinata dell'acqua del fiume e del mare, e che si dice la *sbarra* del fiume; al di sopra di questo primo tronco i tronchi successivi vanno gradatamente aumentando di pendenza fino a raggiungere le pendenze massime alle sue origini, di modo che rappresentando graficamente il profilo longitudinale dell'andamento medio del fondo di un fiume qualunque ne risulta una curva volgente la concavità dalla parte superiore e terminantesi in linea orizzontale verso la foce, modificata solo da quel rialzo alla foce stessa che abbiam detto dirsi la sbarra del fiume. L'andamento successivo di tali pendenze è intimamente legato alla particolare indole e natura del fiume non chè del bacino che tributa a lui acqua e materia; egli è un tale andamento di pendenze, la legge che lega successivamente le une alle altre, quella ch'io dico *legge delle pendenze di un fiume*, imperrocchè vedremo ora che una tal legge resta invariata fino a che non variano le condizioni speciali caratterizzanti l'indole particolare del fiume e la natura del suo bacino tribntario.

481. A mettere nettamente in chiaro questa fondamentale proposizione della fisica dei fiumi gioverà procedere gradatamente, cominciando prima dal considerare l'azione dell'acqua sopra le materie già portate dentro dell'alveo di un fiume e depositato lungo il suo letto, per passare poi ad esaminare l'influenza dei successivi afflussi di materia che il divallare delle acque tributa al fiume stesso a determinati intervalli. Serviranno a quest'uopo le seguenti proposizioni.

482. *Proposizione I.* Qualunque escavazione da monte a valle, e qualunque interrimento puro da monte a valle avrà un termine, e il fiume in ambedue i casi si stabilirà, nel primo sotto pendenza minore di prima, sotto pendenza maggior nel secondo.

Supponiamo infatti che in un tronco di un fiume av-

venga una escavazione da monte a valle; siccome ad ogni escavazione da monte a valle diminuisce la pendenza, e col diminuire la pendenza diminisce pure la velocità dell'acqua, così la forza di escavazione andrà minuendo, e d'altra parte col diminuire della pendenza crescendo la resistenza del fondo ad esser corroso così verrà un istante nel quale le due forze si equilibreranno, e da quell'istante in avanti l'escavazione terminerà. Egualmente succede dell'interrimento, perchè ad ogni interrimento da monte a valle corrisponde una maggiore pendenza, quindi maggiore velocità dell'acqua e per conseguenza maggiore facilità a spinger oltre la torbida e per l'aumentata velocità e per l'aumentata pendenza.

L'escavazione può ridurre il fondo orizzontale, e questo avviene tutte le volte che la forza dell'acqua sia tale da poter sovvertire le parti del fondo o portarle oltre senza che per questo si domandi alcuna pendenza dell'alveo; è questo il limite al quale l'escavazione può portare il letto del fiume, perchè, se la forza dell'acqua avesse ancora ad aumentare, l'escavazione si farà bensì più profonda ma non si muterà per questo l'orizzontalità del letto.

483. *Proposizione II.* Qualunque escavazione e qualunque interrimento da valle a monte avrà un termine, e quel tronco ove succedono si stabilirà.

Egli è infatti evidente che una escavazione per es. da vallo a monte non può succedere che per sbassamento del fondo in una sezione determinata del fiume, per quale sbassamento si determina una corrosione locale nel fondo superiore, onde una escavazione da vallo a monte; ma siccome lo sbassamento dell'alveo in quella sezione non può procedere oltre un certo limite, così un tale sbassamento avrà un termine, e allora l'alveo superiore avendo acquistata una pendenza maggiore si determinerà una escavazione da monte a valle, la quale per la proposizione precedente avrà certamente un termine, dunque ecc. Lo stesso si deve ripetere di un interrimento, che non può essere occasionato che da un deposito di materia in una sezione determinata, deposito che dà occasione ad un deposito superiore, e quindi ad un interrimento da valle a monte, il quale terminerà in un interrimento da monte a valle quando l'alzamento nella sezione originaria avrà raggiunta la massima altezza a cui può prevenire.

484. *Proposizione III.* Se nell'alveo di un fiume, la cui pendenza sia minore di quella che compete alla forza

dell'acqua, entrerà nuova materia, della medesima natura di quella cho esiste nell'alveo, prima che esso giunga a ridurre la pendenza a quella che gli compete, il fiume si stabilirà fra due termini, l'uno corrispondente alla massima altezza che può farsi per interrimento l'altro alla massima bassezza che può farsi per escavazione.

Infatti sia AB quel fondo del fiumo in cui esso si stabilirebbe se gli fosso concesso tempo bastante a questo stabilimento prima che nel fiume fosse portata nuova materia, e sia BC l'attuale suo fondo. Essendo la qualità della materia contenuta in ABC eguale a quella che costituisce il fondo AB, correndo l'acqua sul fondo CB lo andrà mano a mano escavando; ora se prima che l'escavazione abbia ridotto il fondo in AB sopravvenga un'afflusso di materia che ne riempia di nuovo il letto fino in BC, allora, cessato questo afflusso, e continuando la medesima forza dell'acqua continuerà a farsi escavazione, la quale, se prima cho giunga di nuovo in AB sarà portata entro nuova materia, non potrà mai condurre il letto in AB ma lo manterrà oscillante fra le due linee CB ed AB che corrispondono alla massima quantità di materia portata nell'alveo del fiume ed alla massima escavazione alla quale può pervenire nel tempo che corre fra un afflusso di nuova materia e il suo sucessivo.

Anche in tal caso il fiume potrà dirsi stabilito intorno una linea media $B\ D$, in quanto chè saranno stabiliti i termini dentro i quali oscilla il suo letto.

485. Se la nuova materia portata dentro l'alveo, o costituente lo spazio angolare $A\ B\ C$, è di natura più pesante e di più difficile corrosione di quella corrispondente all' alveo $A\ B$, allora egli è evidente che perciò appunto le due linee $A\ B$ o $B\ C$ si alzerebbero, e la linea media $B\ D$ si farebbe più elevata di prima, senza però che da ciò riescisse impedito lo stabilimento del letto. L'opposto succederebbe se la nuova materia si prestasse più facilmente alla corrosione, nel qual caso la linea $B\ D$ si sbasserebbe.

Proposizione IV. E non solo nel suo fondo ma qualunque fiume si stabilirà eziandio nella sua larghezza.

La portata di un fiume essendo, infatti, legata colla sua sezione, ed essendo la portata determinata dalle leggi fisiche dei luoghi, alle leggi stesse dovranno coordinarsi e l'una e l'altra delle dette quantità; ne discende che lo stabilimento della pendenza del fondo, dalla quale è determinata la velocità della corrente, non può disgiungersi da quello della sua sezione, e quindi da quello della sua larghezza, la quale, se sarà troppo piccola al bisogno, il fiume se la amplierà per corrosione delle ripe, come se fosse troppo ampia se la restringerà per interrimento, e una tale operazione solo allora avrà termine quando anche la larghezza sarà ridotta a quella misura normale che compete all'indole particolare del fiume che si considera.

487. Ciò premesso, venendo ora a considerare il caso di afflusso di acqua e di materia per entro all'alveo di una corrente qualunque, quale ci si presenta costantemente in natura, è facile lo scorgere che al sopravvenir d' una piena dei torrenti, che influiscono principalmente nei tronchi superiori dell'alveo, viene portata dentro l'alveo medesimo la massima copia delle materie, le quali dalla piena stessa vengono anche in parte portate in avanti nei tronchi inferiori, ma, per correre l'acqua più veloce della materia, per la maggior parte sono invece accumulate nei superiori, nel mentre che la maggior copia dell'acqua dovuta alla piena va scavando tutto l'alveo a valle, determinando così in medio su tutta la lunghezza dell'alveo una linea di cadenti gradatamente maggiori di quello che corrispondono alla sua natura, cioè alla qualità della materia ed all'andamento della sua portata, e ciò per l'accumulazione di materia nelle parti superiori e per l'escavazione nelle inferiori. Al cessar dell'influsso delle materie superiormente, e quindi al calar della piena, ma quando continua a correre ancora l'acqua in gran copia dentro l'alveo, ajutata anche la sua azione dalla maggiore pendenza, le materie accumulate nelle sue parti superiori vengono portate oltre a colmare l'escavazione prodotta inferiormente, cosicchè in fine, al sopravvenir della magra, la materia portata dentro si trova disposta lungo l'alveo in una determinata pendenza, corrispondente alla quantità di materia spinta in avanti ed a quella portata dentro superiormente.

Egli è evidente perciò che se la materia portata dentro l'alveo sarà in copia maggiore di quella spinta avanti la pendenza dell'alveo si farà maggiore di prima, e diverrà invece minore nel caso opposto; nel primo caso il fiume ten-

derà ad aumentare la propria pendenza, e tenderà invece a diminuirla nel secondo; che se la materia portata dentro eguaglia quella smaltita allora la pendenza resterà quella di prima, e allora il fiume potrà dirsi stabilito di fondo, in quantochè a determinati periodi il fondo stesso in medio nè si alzerà nè si sbasserà.

488. Perchè, dunque, il fondo di un fiume possa dirsi stabilito è necessario ch'egli sia accomodato in tali pendenze che rendano possibile che in un dato periodo riesca smaltita la materia tutta che nel periodo stesso vi recano dentro i suoi tributarii. Ora ad nn tal termine qualunque fiumo perverrà certamente, imperocchè se la materia portata dentro l'alveo sarà in copia maggiore di quella che può essere smaltita il letto si accomoderà in pendenza maggiore, per la quale, riescendo aumentata la velocità dell'acqua, sarà reso idoneo il fiume a trasportare una maggior copia di materia, e d'altra parte l'afflusso stesso di materia si farà minore, perchè alzandosi per esso il letto, riescirà da questo difficultata l'entrata della materia; verrà dunque certamente un punto in cui il guadagno equilibrerà il consumo e allora l'alveo sarà stabilito. Che se l'afflusso di materia sarà minore del consumo e allora il fiume logorerà il proprio fondo con chè verrà scemata la sua pendenza, e quindi la sua velocità, e conseguentemente il consumo, e dallo sbassamento del fondo riescirà facilitato l'afflusso; motivo per cui le cose dopo un certo tempo si porranno in equilibrio, e quindi il fondo riescirà stabilito.

Lo stabilimento del fondo avviene dunque in principalità dnrante le piene del fiume, e durante quello stato copioso di acque che stà fra la piena e la magra, ma che più si avvicina alla prima; lo smaltimento poi delle materie snccede per l'azione di più piene successive, delle quali le seconde in tempo portano fino alla foce quella quantità di materia che le prime hanno portato dentro dell'alveo, e che fu distribuita lungo l'alveo stesso principalmente da quello stato d'acqua copiosa che susseguita alla piena massima del fiume.

489. Delle materie portate dentro l'alveo dei fiumi le parti terree e le sabbie vengono incessantemente portate avanti, trovandosi esse dovunque, e vanno a versarsi nel mare, dove, se il fondo sia sufficientemente elevato e la spiaggia, come si dice, sottile, originano gli scanni alla foce, e quindi la protrazione della foce stessa; le ghiaie invece non procedono che fino ad un certo pnnto, dove si trova il così detto limite delle ghiaie. Egli è evidente cho dove pure il

fiume corra in ghiaia non può a meno di non stabilirsi, non riescendo menomamente alterato il ragionamento superiore per essere varia la qualità della materia, però credo qui non del tutto inutile il dar luogo ad alcuni schiarimenti.

L'alveo dei fiumi, dove corrono in ghiaia, se abbandonato a sè stesso, è amplissimo e mutabilissimo, e siccome le materie di una certa grossezza per essere spinte in avanti esigono una determinata pendenza, così il loro trasporto è piuttosto laterale che longitudinale; da ciò appunto risulta il bisogno degli alvei amplissimi che costantomente si osservano, ma con ciò è anche molto estesa la superficie sulla quale esse materie restano esposte all'azione dissolvente dell'atmosfera e a quella degli urti reciproci e del reciproco soffregamento, per le quali combinate azioni riescendo esse successivamente attenuate possono progredire avanti, dove ripetendosi gli stessi fatti finiscono a riescire consumate e smaltite. Lo stabilimento dell'alveo si fa allora sotto condizioni tali che, nel tronco in cui il fiume corre in ghiaia, per l'azione delle varie cause ora accennate, quando anche non aiutate dalla manuale estrazione delle ghiaie pegli usi a cui servono, succeda il consumo e lo smaltimonto della materia tutta che può essere recata dentro al tronco medesimo, fissandosi in tal limite il termine appunto delle ghiaie. Alterando comunque l'alveo, e recando in qualunque modo impedimento all'azione di quelle cause, anche il limite di stabilimento delle ghiaie si muterà e si muterà con esso la legge delle pendenze, senza che ciò abbia per altro ad impedire che il fiume tenda verso un nuovo stabilimento, stabilimento che non può a meno di non venir raggiunto dal fiume in tempo più o meno breve, a seconda dei minori o maggiori mutamenti recati allo originarie condizioni del suo alveo.

490. Messa così in chiaro la legge fondamentale dello stabilimento degli alvei, in quanto si riporta alla legge che devono seguire le pendenze dei varii tronchi a partire dalle sue origini e progredendo allo ingiù verso la foce, verrò qui riassumendo, in alcuni corollarii, le principali conseguenze delle leggi poste, e che, per essere pienamente confermate dall'esperienza, non possono mai essere impunemente dimenticate da un ingegnere idraulico.

491. *Corollario I.* L'alveo stabilito per escavazione avrà tanto minore pendenza e tanto maggiore larghezza quanto maggiore sarà la portata del fiume e quanto minore la te-

nacità del terreno. Egualmento anche l'alveo stabilito por interrimento avrà esso pure tanto minore pendenza e tanto maggioro larghezza quanto il fiume sarà più copioso d'acque e men torbido. Quindi

Se un fiumo conserva sompre il medesimo corpo d'acqua o la resistenza del fondo si mantenga eguale, esso avrà il suo fondo disposto in pendenza costante.

Se un fiume avrà il suo fondo variamento tenace, o se il peso delle materie sarà vario nei varii suoi tronchi, lo suc pendenze andranno mutando così chè là saranno maggiori dove il fondo è più resistente, o più pesanti le materio distribuito lungo l'alveo.

Se un fiume, pel concorso di varii influenti, si va facendo di più in più grande avrà il fondo disposto secondo un poligono i cui lati faranno colla orizzontalo angoli di più in più piccoli a mano a mano che andrà crescendo il corpo dell'acqua.

Per queste ragioni gli alvoi dei fiumi sono sempre più pendenti quanto più si dilungano dalla foce.

492. *Corollario II.* Perchè lo stabilimento dell'alveo avviene principalmente per opera delle piene e di quello stato d'acqua copiosa che susseguita la piena, così

Quanto la piena di un fiume sarà maggiore e più duratura e tanto meno declive sarà il suo fondo.

Quanto maggiori saranno gli intervalli di tempo fra una piena e la piena successiva dei torrenti che immettono nel fiume e tanto meno declive sarà il fondo del fiume stesso.

Gli alvei dei fiumi tomporarii saranno tanto meno declivi quanto più breve sarà il tempo in cui restano asciutti; perchè, a parità d'altro circostanze, durante la secchezza dell'alveo il fondo si fa più resistente.

L'introduzione di acque chiare in un fiume torbido diminuisce la sua pendenza e ne sbassa l'alveo, e inversamente.

Nelle piene minori si mutano le pendenze accrescendosi, nelle maggiori sminuendosi.

493. *Corollario III.* La velocità dell'acqua in un fiume non è consoguenza finale della sua pendenza, bensì questa di quella.

Capo V. — Escavazione e interrimento locale (corrosioni e depositi) e loro cause. Vortici e repellenti.

494. *Vortice* dicesi una porzione dell'acqua scorrente in un alveo la quale, staccatasi come dalla circostante, si aggira circolarmente o a spira intorno ad una linea che dicesi l'asse del vortice. Sonovi vortici di due specie: *vortici di assorbimento* e *vortici ciechi*. I vortici di assorbimento si presentano al di sopra di un foro dal quale abbia esito l'aqua, e sono causati da due direzioni combinate l'una verticale verso il centro dell'apertura e l'altra o orizzontale o inclinata lungo il corso del fiume. Nei vortici ciechi non vi ha assorbimento di acqua ma solo moto vorticoso dell'acqua stessa, originato dalla diversità delle direzioni ingenerate nelle varie parti dell'acqua o dalle ineguaglianze del fondo, o dalla direzione delle ripe e degli altri ostacoli, o dalla disuguaglianza di livello delle varie parti dell'acqua: essi sono o *permanenti* o *mutabili* secondo che o sussistono sempre nello stesso luogo o cambiano di sito.

Quando la direzione dell'asse del vortice è pressochè verticale allora esso presenta la forma di un imbuto, o di un cono, volgente il vortice al basso, la qual forma è dovuta alla pressione dell'acqua circostante che restringe tanto più il cerchio quanto, discendendo, si fa essa maggiore. Al termine delle ripide, al piede delle cascate d'acqua i vortici che ne nascono hanno il loro asse pressochè orizzontale; in essi il moto è sommamente rotto e frastagliato, e la loro forma è molto irregolare: in questi vortici il moto in cerchio può aver luogo da monte a valle o da valle a monte, locchè stabilisce fra loro un'essenzial differenza per la varia efficaccia dei loro effetti nel corrodere il fondo. Il moto verticoso diventa spirale dove si combinino insieme le cause determinanti così il vortice ad asse verticale come quello ad asse orizzontale, per esempio al di sopra di quelle incavature risentite del fondo che diconsi gorghi; in questi vortici, assai spesso, si scorgono i corpi che, galeggiando nel fiume, si abbatterono in essi venire rimbalzati dal fondo alla superficie e respinti dalla superficie al fondo più e più volte prima che riescano ad uscire dal vortice stesso.

495. Qualunque causa la quale opponendosi al diretto corso del fiume obblighi l'acqua a mutare di direzione di-

cesi *repellente*: i repellenti possono essere o *naturali* o *artefatti; resistenti* o *cedevoli; corrodibili* o *no.*

Quando l'acqua corrente si incontra in un ostacolo essa si alza a monte dell'ostacolo di tanto di quanto è mestieri perchè dal suo peso riesca estinta la velocità preconcepita e, partita la corrente com'è dall'ostacolo, a valle dell'ostacolo stesso trovasi soltanto a quell'altezza che equilibra la pressione a valle e non più. Trovandosi l'acqua a monte del repellente più elevata che non lateralmente, e la pressione esercitandosi in tutti i sensi, essa prende corso lateralmente, radendo l'ostacolo e concependo, per ciò, una velocità obliqua a quella naturale di cui è dotata nelle parti che fiancheggiano il repellente medesimo; l'incontro delle due velocità determina e vortici laterali ed una direzione obliqua nella massa dell'acqua, la quale prende il suo corso, piegandosi in curva, lateralmente all'ostacolo con direzione divergente e dall'una o dall'altra parte, quando l'ostacolo sia del tutto isolato, o da quella delle due parti dalla quale soltanto riescisse circondato dall'acqua. Inferiormente all'ostacolo, per la maggiore pressione dovuta alla maggiore altezza laterale dell'acqua, l'acqua si precipita nella parte situata immediatamente a valle del repellente e producendo qui pure dei vortici e chiamando l'acqua con direzioni convergenti a riunirsi novellamente a valle dell'ostacolo alla rimanente massa scorrente per l'alveo. L'acqua gira, sarei per dire, intorno all'ostacolo andando poi a riunirsi all'altr'acqua che inferiormente ha già preso il suo corso lunghesso il fiume poco al di sotto dell'ostacolo stesso, nel mentre che produce vortici e lateralmente e nello spazio immediatamente a valle dell'ostacolo. Questi ultimi riescono più risentiti se, essendo isolato l'ostacolo, vengono ad incontrarsi le due opposte correnti laterali, ed anche spirali se l'ostacolo riesce superato dall'acqua, la quale allora concepisce pure un moto di caduta al di sopra dell'ostacolo stesso.

496. Importantissimi sono gli effetti prodotti dai vortici o dai repellenti per le escavazioni e gli interrimenti locali che da essi traggono l'origine. Per maggiore chiarezza separeremo prima questi effetti, e cominciando dalla considerazione di quelli che riconoscono la loro causa immediata dai vortici, fisseremo l'attenzione sui vortici di assorbimento, per passare poi ai vortici ciechi, la cui importanza è notabilmente maggiore.

Se il contorno di quell'apertura d'onde ha esito l'acqua si presta alla corrosione, allora il vortice di assorbimento, col moto circolare e radente dell'acqua, corrodendo il contorno stesso lo andrà successivamente allargando, e siccome coll' allargare l' apertura si fa maggiore la quantità dell' efflusso così maggiore e più potente si farà il vortice, e con esso la causa di successiva corrosione. Questa o può avere un termine o no, secondo che è limitata o no la quantità di acqua che può avere esito al di là dell' apertura, arrestandosi la corrosione quando l'apertura sarà condotta a dimensioni tali da lasciar fluire tutta quella quantità di acqua che può aver esito inferiormente, o non arrestandosi mai fino a che tutta l'acqua del fiume non fluisca per lo squarciamento che ne sarà la finale conseguenza.

Tali vortici si presentano per esempio, al comparire dei così detti fontanazzi nelle sponde degli argini dei fiumi, o si arrestano appunto stringendo l' acqua che fluisce in un pozzo, di cui si elevano le pareti fino a che si scorge che l' acqua che si versa dall' orlo superiore, col cessare di essere torbida, ci porge sicuro indizio del cessare della corrosione. Tranne questo caso questi vortici sono assai rari e non meritano particolare attenzione.

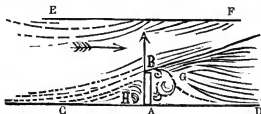
497. In quanto ai vortici ciechi se essi sono mutabili allora, o sono tali che compariscono accidentalmente qua e là senza norma assegnata, e allora vanno compresi nei generali moti discordanti dell'acqua corrente in un fiume senza produrre effetti differenti da quelli prodotti da questi movimenti in genere; oppure sono mutabili sì ma però si presentano sempre nella stessa località, dove nascono qua e là senza regola fissa, comparendo superiormente o progredendo avanti insieme colla corrente o scomparendo poi inferiormente, assorbiti nel moto generale della corrente stessa; sono numerosi non però molto grandi e prendono o tutta la larghezza della corrente o una parte soltanto. Questi vortici impediscono l'interrimento o producono anche escavazione, per cui nelle località dove essi hanno luogo il fondo del fiume è sempre più profondo ed anche variamente solcato. La sezione poi è anche in questa località più ampia, perchè, richiedendosi al passaggio dell'acqua una determinata sezione viva, i vortici sono, se numerosi, tanti impedimenti che restringono quella parte della sezione per cui il moto dell'acqua fassi non interrotto e continuo.

498. In quanto ai vortici permanenti se essi sono sem-

plicemente ad asse verticale, allora, o il loro vortice arriva fino al fondo, o no; nel secondo caso, non riescendo a corrodere il fondo, non hanno altro effetto che di allargare alcun poco la sezione, appunto per la ragione sopradetta, a meno che non sieno così vicini alla ripa da poter intaccare la ripa stessa, nel qual caso il loro effetto, rapporto alla ripa, è simile a quello dei vortici di cui il vertice giunge ed oltrepassa il fondo. Questi, quando il fondo sia suscettibile di corrosione, corrodono il fondo sommovendone le parti, le quali, poste in balia della corrente, vengono spinte oltre dalla medesima, e questa operazione continua fino a che al di sotto del vortice il fondo siasi condotto a tale profondità che non sia più raggiunto dal suo vertice, ingenerando con ciò un gorgo nel fondo del fiume, il quale assai spesso si arresta, ma che, se avesse a farsi molto grande, potrebbe anche finire col determinare un moto spirale, per l'entrare e l'uscire dell'acqua nella profondità del gorgo con moto vorticoso verticale, originando effetti simili a quelli che spiegheremo ora parlando dei vortici ad asse orizzontale.

499. Se nel vortice ad asse orizzontale il moto circolare dell'acqua ha luogo da monte a valle, allora l'acqua, staccando le parti del fondo e spingendole avanti, produce una incavatura, la quale però, venendo incontrata dall'acqua sotto angolo molto acuto o secondando la curvatura naturalmente presa dal fondo, non si fa mai soverchiamente profonda e procede essa pure da monte a valle, accordandosi sopra e sotto al naturale andamento del fondo stesso, e si arresta quando l'acqua, secondando la curvatura naturalmente presa dal fondo, pareggia colla sua forza di escavazione la resistenza opposta dal fondo medesimo. Ma se il moto ha luogo invece da valle a monte, allora l'acqua, intaccando il fondo sotto angolo pressochè retto, lo sommove fortissimamente, e produce una incavatura progrediente essa pure da valle a monte, la quale facendosi sempre più profonda si termina bruscamente al di sotto, ma progredisce superiormente, aumentando continuamente la causa che dà origine al vortice, quindi il vortice stesso e la forza sovvertitrice. Rare volte un tale effetto si arresta, ed in tal caso, dirò col Guglielmini, più che gorghi si formano voragini; il sistema del fiume in quel punto riesce interamente scompaginato e assai spesso mutato o col variare esso di direzione, o col precipitare o rimuovere quelle cause le quali danno origine ai vortici che si considerano.

Nelle cadute dall'alto si producono al piede della caduta dei vortici di questa specie, i quali finiscono pressochè sempre col compromettere l'opera che li produce. Egli è perciò che le forti cadute si accompagnano con piani leggermente declivi, perchè l'acqua, obbligata a prender corso lungo quei piani, produca al piede loro vortici da monte a valle, i cui effetti assai presto si arrestano, ed i cui gorghi poco profondi non arrivano mai ad intaccare il piede della ripida.

500. Nei fiumi la diversa situazione delle sponde inferiori, mezzane, e superiori fa sì che le direzioni dell'acqua nelle diverse altezze si inclinino fra di loro, e sieno perciò idonee, anche sole, a generare dei vortici stabili. Nasce anche da ciò che i vortici non sono sempre continuati dalla superficie al fondo del fiume, e ve ne sieno di quelli affatto superficiali, ed altri solamente vicino al fondo i quali poco o nulla si manifestano alla superficie. Così pure si dà il caso di osservare in fiume basso o mezzano qualche vortice che in acqua alta non fà apparenza veruna; come pure che in acqua magra si trovino dei moti vorticosi i quali cessano realmente quando il fiume è pieno, cioè a dire quando, per lo gran corpo d'acqua, accresciuta la velocità, acquista una maggior proporzione alle resistenze, e perciò, superandole, non lascia che le medesime partoriscano effetti sensibili, i quali molto bene ritornano in essere appena cessata la piena.

501. In quanto ai repellenti, volendone dir qualche cosa con maggiore dettaglio, consideriamo in primo luogo un repellente AB che unito alla ripa CD si protenda verso il mezzo della corrente. Applicando al caso presente il ragionamento fatto in generale al § 495, e ricordando che la velocità dell'acqua va crescendo dalla sponda verso il mezzo della corrente, vedremo che trovandosi l'acqua più elevata alla parte estrema del repellente essa prenderà doppio corso; la maggior parte si dirigerà lungo il repellente verso della

corrente, ed un'altra parte prenderà corso verso la ripa, dove, incontrando l'acqua che viene verso il repellente, darà origine ad un vortice nel luogo ove il repellente si attacca alla ripa medesima, e ad altri vortici instabili nel tratto interposto. La prima poi e la maggiore delle dette parti incontrandosi coll'acqua liberamente scorrente pel fiume, per l'incontro delle due direzioni, originerà un vortice stabile in *B*, e tutta l'acqua sarà respinta verso la ripa opposta, componendosi in una le due velocità con direzione obliqua alle precedenti, direzione che andrà sempre più piegandosi a secondare il naturale andamento della corrente per la forza prevalente di questa. Succederà dunque per causa del repellente che la direzione della corrente sarà rivoltata verso la sponda opposta *E F*, la quale riescirà corrosa per doppia ragione, e perchè battuta dalla mutata direzione, e perchè restringendosi tutto il corso dell'acqua, questa, per la diminuita sezione, si farà più veloce e corroderà la sponda per riacquistare la sua sezione normale.

A valle del resistente, nello spazio *A B G D*, trovandosi l'acqua meno elevata, l'acqua laterale si precipiterà nello spazio stesso, dove si produranno dei vortici instabili ma numerosi, e per la chiamata l'acqua poco a valle verrà ad appoggiarsi alla stessa ripa, cosicchè al di sotto del reppellente, e a non grande distanza dallo stesso, il tormento della ripa riescirà o poco o nulla minuito.

502. Perchè l'acqua si appoggerà in maggiore altezza al repellente quanto è maggiore la sua velocità, quanto più il repellente si protenderà nell'interno del fiume, e quanto più la corrente stessa verrà incontrata dal repellente sotto angolo di piu in più vicino all'angolo retto, così si scorgerà facilmente la verità delle seguenti proposizioni.

Tanto più le acque correnti accomodano il loro corso alle linee degli impedimenti e delle sponde quanto è minore la loro velocità.

Quanto più veloce sarà il fiume e quanto più il resistente si prolungherà nell'interno dell'alveo e tanto maggiore corrosione succederà nella sponda opposta.

Ad altre circostanze pari l'acqua sarà tanto più respinta verso la sponda opposta quanto più l'angolo che la direzione del repellente fa con quella della corrente si avvicinerà all'angolo retto.

Perchè se il repellente può oedere alcun poco all'impeto della corrente una parte della velocità preconcepita

dall'acqua si comunica al repellente e minore si fa la parte che deve essere estinta, così l'effetto dei repellenti cedevoli, per quanto spetta alla deviazione della corrente, è sempre e notevolmente minore di quello dei repellenti resistenti. Le piantagioni di vimini e d'altre piante lungo le sponde appartengono a questi repellenti, ma la loro azione consiste principalmente nel promuovere le deposizioni lungo le sponde medesime.

Un repellente, pel giraro cho fa l'acqua intorno al repellente stesso, non difende che piccola porzione della ripa alla quale trovasi applicato.

503. Attesochè i vortici scalzano il fondo e le ripe ed impediscono lo deposizioni, e perchè è impossibile schivare il vortice stabile e spirale al vertice del repellente, e si fa forte quello al punto di congiungimento del repellente alla ripa quando il repellente formi angolo o retto o poco discosto dal retto colla ripa stessa, così il vertice o la parte più avvanzata del repellente è assai spesso compromessa dallo scalzamento del fondo, e molte volte assai compromessa riesce pure la sua intaccatura alla ripa, quando la direzione e la forza della oorrente dieno origine a vortici assai potenti nell'angolo formato dalla ripa col repellente. Nè gli intorrimenti a valle del repellente sono sempre così grandi, pei vortici instabili che là constantemente compariscono, da servire di utile rincalzamento all'opera, la quale non di rado viene rimossa dall'impeto della corrente, cui è chiamata a infrenare e dirigere verso la sponda opposta.

504. So il repellente si presta alla corrosione, come sarebbe il caso d'una sporgenza nella ripa, o d'una ripa obliquamente colpita dalla correntc, nol qual caso la ripa stessa opera come un repellente, allora l'acqua scalzerà le parti maggiormente sporgenti e, per la rallentata velocità, interrirà nelle parti rientranti, e così continuerà fino a tanto che sia pervenuta ad accomodare la sponda per modo da incontrarla in ognuno de' suoi punti sotto angolo così acuto che la resistenza opposta dall'adesione delle parti del terreno sia bastante a pareggiaro la forza dell'acqua, conformandola in curva concava con sviluppo più o meno grande a seconda della diversa proporzione che ha l'impeto dell'acqua alla resistenza del terreno; la qual corrosiono ovidentemente si arresterà una volta che queste due forze siensi ridotte all'equilibrio.

505. Per poco che si rifletta si vedrà quindi la verità delle seguenti proposizioni:

Le corrosioni do' fiumi, arrivate che sieno a formarsi la curvità che richiede la combinazione delle cause o delle circostanze, non crescono più; ma sono lasciate dal corso dell'acqua le ripe intatte egualmente come se fossero parallele fra loro ed alle direzioni del fiume. Poggia sopra questa ragione la pratica di difondere il terreno dalle corrosioni col ritiro degli argini.

Nelle corrosioni non stabilite maggiore sarà il tormento della ripa in quella parte di essa alla quale più si accosta il filone, ma nelle stabilite sarà eguale per tutto; e perciò in quelle corrosioni nelle quali il vertice si porta sempre più al basso succedono delle alluvioni nelle parti superiori e delle corrosioni nelle inferiori. Perciò nei fiumi maggiori le corrosioni prendono maggior giro, essendo essi più atti a portare il vertice della corrosione più lontano dal principio di essa.

Una corrosione in una sponda pressochè sempre induce corrosione nella sponda opposta.

506. Chiuderò questi brevi cenni sui vortici e sui repellenti colla spiegazione di alcuni fatti importantissimi del regime dei fiumi.

E in primo luogo l'azione dei vortici è principalmente quella alla quale è dovuto il procedere avanti dei grossi massi il cui volume e peso sono tali che non potrebbe l'acqua, agendo pel suo semplice impulso, spingerli avanti da se; in questo caso essa, schizzando dai lati e cadendo dal di sopra, ingenera potenti e numerosi vortici a valle del masso, che fa l'ufficio di un repellente, pressochè sempre, isolato; da questi vortici riesce lavorato il fondo e scalzata la base sopra la quale si appoggia il masso per cui, combinandosi insieme la gravità coll'impeto della corrente, rotola esso avanti nella cavità apparecchiatagli dai vortici, i quali rinascendo nella nuova sua posizione ripetono lo stesso effetto, e fanno sì che massi grandissimi procedono a distanze grandissime dal punto ove precipitarono primamente nell'alveo, e l'acqua col lavoro dei vortici ottiene quello che col solo suo impulso sarebbe impossibilitata a raggiungere.

507. Una uguale spiegazione riceve quel fatto che costantemente si avvera nei fiiumi là dove, scorrendo in sabbia, abbia a cadere sul fondo una qualche pietra o rotame qualunque, cioè dello scomparire della detta pietra dopo un qualche tempo, restando sepellita sotto il letto di sabbia che costituisce il letto normale del fiume. Ciò proviene appunto

per l'azione dei vortici che formando dei gorghi a valle dell'ostacolo gli tolgono il sostegno e lo fanno discendere nel gorgo apparecchiatogli, e così continuano fino a che, riescendo del tutto sotterrato e stesovi sopra uno strato di sabbia, sia interamente rimossa la causa dei vortici. Egli è qnesto uno dei mezzi di cui si serve il fiume per allontanare e rimuovere tutti quegli ostacoli i quali si oppongono ad uno stabilimento consentaneo alla propria natura.

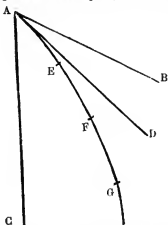
508. Così pure nei vortici devesi cercare la prima origine di quell'altro fatto idraulico che si enuncia comunemente col dire che *qualunqne ostacolo chiama l' acqua a se.* Un ostacolo infatti opposto all' andamento regolare della corrente è un repellente il quale non può a meno di non generare dei vortici aderenti all'ostacolo stesso, i quali lavorando il fondo in prossimità dell'ostacolo, o impedendo le deposizioni, determinano una maggiore profondità del fondo, e quindi una maggiore altezza d'acqua viva in prossimità dell'ostacolo, la quale maggiore profondità a sua volta influisce a promuovere un profondamento ancora maggiore, e siccome la velocità si fa massima là dove l'altezza dell'acqua è maggiore, così massima sarà la velocità al luogo dell'ostacolo, ed il corpo dell' acqua verrà ad appoggiarsi all'ostacolo stesso, come appunto dice il vecchio dettato superiore.

Capo VI. — Della direzione media e delle tortuosità dei fiumi, nonchè dello stabilimento del loro alveo anche rapporto alla sua direzione media.

509. La qnestione della direzione media dei fiumi e delle loro tortuosità va stndiata e nel suo complesso e nel suo dettaglio. Considerata nel suo complesso ha per iscopo di rintracciare le cause le quali operano per dare all' alveo del fiume una particolare direzione media attraverso ai terreni che esso percorre; invece nel dettaglio si studia di vedere quali cause operino per farlo deviare ora dall'una ora dall'altra parte di quella direzione media, che va considerata come la direzione normale del fiume. Sotto il primo aspetto si studia il fenomeno in grande e nel suo insieme; sotto il secondo si esaminano le perturbazioni alle quali può andare soggetto.

510. Le cause operanti possono distinguersi in generali e costanti, ed in accidentali e puramente locali. Le prime operano sempre e dovunque nella stessa maniera; le seconde

dipendono da particolari accidentalità che possono trovarsi in alcuni luoghi e non in altri; appartengono alle prime la gravità, la naturale pendenza del terreno, lo sbocco degli influenti; alle seconde, le naturali avvallature del terreno, le incavature o continue od anche interrotte precedentemente esistenti nel terreno sul quale il fiume avesse a prendere il suo corso, la collocazione dei punti maggiormente depressi del contorno di un vasto tratto di terreno basso che impaluda prima e nel quale poi il fiume si stabilisce il proprio alveo colle deposizioni ecc.

511. Per l'azione della gravità, se un fiume prende corso in una pianura la sua direzione tenderà a secondare l'andamento della massima pendenza della pianura, secondo la quale, se gli sarà lasciato spazio, finirà collo stabilirsi.

Suppongasi infatti che un fiume, sboccando dalle gole dei monti natii, entri in una pianura, dove non trovi alcun alveo, nella direzione AB, e sia AC la linea di massima pendenza del piano: l'acqua, che è un corpo grave, sollecitata e dalla forza di gravità, che la spingerebbe a discendere secondo una linea parallela ad AC, e dalla velocità preconcepita, per la quale si muoverebbe nella direzione AB, per l'azione simultanea di queste due cause, prenderà una direzione intermedia AD e, rinnovandosi al termine di ogni elemento le stesse cause, percorrerà una linea curva $AEFG$ la quale andrà continuamente avvicinandosi ad una direzione parallela ad AC, fino a che, se gli sarà lasciato spazio suf-

ficiente, raggiungerà la direziono medesima, dalla quale, ragginnta che l'abbia una volta, non si scosterà più, non essendovi alcuna ragione per cui debba deviare piuttosto dall'una che dall'altra parte.

Se il terreno non potesse esser corroso, o se l'acqua non fosse torbida, non essendo l'acqua un corpo solido e correndo con una certa altezza, non potrebbe essere che non succedessero degli spandimenti laterali, pei qnali finirebbe forse a distendersi quasi in sottil velo sopra la pianura, discendendo ciascnna parte secondo le linee di massima pendenza; ma perchè o il torreno può essere corroso, o l'acqua è torbida, o per l'una e per l'altra causa insieme, essa solcherà il terreno secondo la suddetta linea curva nella quale la sua velocità è maggiore, o si formerà l'alveo deponendo lateralmente, dove è maggiormente rallontata la velocità, la propria torbida, ed a misura che si alzeranno le ripe dall'altezza di queste verranno impedite le espansioni, e tenendosi raccolto maggior corpo d'acqua più procederà l'escavazione e l'interrimento si farà tutto lateralmente, e così progredendo si formerà finalmente un alveo secondo quella media direzione, il quale formatosi una volta non verrà più essenzialmente mutato; potrà bensì subire delle alterazioni ora dall'una ora dall'altra parte a cagione delle cause perturbatrici che potrà incontrare fra via, ma cessata l'azione di queste troverà l'azione continua e costante delle cause permanenti che lo ridurranno nella direzione media medesima.

512. Per quanto spetta alla naturale pendenza del terreno, se un fiume a cui abbisogni una pendenza minore di qnella del terreno troverà minore difficoltà a logorare le sponde di quello sia a scavare il suo fondo, la sua linea si farà serpeggiante fino a che abbia raggiunto quella lunghezza per la quale esso abbia la pendenza richiesta al suo stabilimento.

Se infatti la pendenza del fondo è maggiore di quella che compete alla natura del fiume esso non potrà a meno di non scavare il proprio fondo per ridurselo alla pendenza normale, e siccome scavandosi il fondo non può a meno che qualche parte di una o dell'altra ripa, scalzata alla base, non precipiti dentro dell'alveo, così la materia quivi accumulata servirà da repellente che, spingendo la corrente verso la ripa opposta, farà sì che questa ripa venga corrosa, la qual corrosione determina a sua posta nna corrosione nella sponda opposta e così via, il fiume intaccherà le proprie

sponde o, se trova maggiore facilità a logorare queste di quello sia il fondo, continuerà le corrosioni, rendendosi serpeggiante, il qual lavoro allora soltanto cesserà che, per l'allungata linea, la sua pendenza sarà ridotta alla pendenza normale.

Quest'ultimo caso succederà immancabilmente se i due termini sieno fissi, e ci mostra quanto improvvido consiglio sia quello di togliere alcune tortuosità dei fiumi quando le dette tortuosità sono dipendenti dalla natura stessa del fiume, sono inerenti alla sua indole, sono causa ed effetto del suo stabilimento; togliendole non si farebbe che obbligare il fiume a farne delle altre senza poter dire dove e quali. Non sempre le tortuosità sono vizio del fiume assai spesso esse sono inerenti alla sua stessa natura, o ne costituiscono la particolare sua indole.

513. In quanto all'influenza dello sbocco dei suoi influenti; se in un fiume sbocca un influente la cui torbida sia più pesante ed in maggior copia di quella che può essere asportata dal fiume riunito, allora il fiume si allontanerà dallo sbocco dell'influente, e questo si farà tortuoso, e ciò fino a che la linea dell'influente riesca tanto allungata da non portare nel fiume che quella materia che può essere asportata dal fiume medesimo.

Se infatti la materia affluita coll'influente non può essere asportata dal fiume essa si depositerà in banchi allo sbocco dell'influente e inferiormente, e dovrà succedere inevitabilmente o l'uno o l'altro dei due casi seguenti; o il fondo si alzerà o continuerà l'alzamento fino a che il fiume abbia acquistate quelle maggiori pendenze che lo fanno idoneo ad asportare le materie immessevi dall'influente; oppure i banchi allo sbocco dell'influente, operando quali repellenti, faranno sì che il fiume intacchi o corroda la sponda opposta nel mentre che andrà interrendosi quella dalla cui parte avviene l'entrata dell'influente, e siccome ciò non può aver termine fino a che resta materia non asportabile, così continuerà la corrosione nella ripa opposta allo sbocco, e l'influente andrà vagando nelle proprie alluvioni stabilendosi in esse un alveo, generalmente assai tortuoso, fino a che e l'allontanamento del fiume dal primitivo sbocco, e la lunghezza della nuova linea del corso dell'influente sieno tali che la materia portata dall'influente possa essere smaltita interamente dal fiume. Ben è vero che potranno riunirsi i due effetti e dell'allungamento della linea e dell'alzamento del letto, ma assai difficilmente avrà luogo quest'ultimo soltanto.

Si scorge da ciò non essere sempre in accordo colla scienza il togliere alcune tortuosità o nel fiume recipiente o negli influenti quando con ciò si accorci troppo la linea di questi ultimi, incorrendo nel pericolo o di alzare il fondo del primo o di promuovere nuove corrosioni e tortuosità, senza poter prevedere dentro quali limiti potranno restringersi.

514. Perchè l'acqua come corpo pesante tende sempre a portarsi al punto il più basso egli è evidente che qualora nel terreno sul quale essa prende a correre sienvi naturalmente delle avallature continue essa prenderà corso per le stesse e la linea del fiume sarà tracciata dall'andamento puramente accidentale delle stesse avallature, come appunto succede in quel tratto del fiume dove corre fra le gole delle native montagne. Ma anche se nella pianura, dove uscito dalle stesse continua il suo corso, sienvi di queste avallature o cavi dotati di pendenza e di una certa capacità, e che questi finiscono col metter capo nel mare la linea del fiume seguirà l'andamento delle incavature medesime, scavando opportunamente il terreno fino ad accomodarsi un alveo di corrispondente capacità. E non solo se sieno continuate ma anche quando si susseguano con tratti interrotti da rialzi, imperocchè il fiume riempirà la prima, e poi, alzandosi l'acqua ed innondando il terreno, troverà la seconda, nella quale prendendo corso l'acqua scaverà il terreno interposto, seguendo quella linea nella quale il terreno si presterà più facilmente alla corrosione, e secondo cui la pendenza sarà maggiore, e così farà fino a tanto che sia riescito a formarsi l'alveo, ed in questo caso la linea media generale del fiume sarà, come fra le gole natie, puramente accidentale, dipendendo in medio dalla accidentale collocazione delle dette incavature. Tale è, per esempio, la causa della direzione del Po di Venezia in seguito alla rotta avvenuta alla Stellata nel 1152.

515. Similmente del tutto accidentale è la linea che il fiume si forma nell'interno di un terreno molto depresso dove il fiume porti le sue acque, e che, impaludatosi prima, viene poi ricolmo dalle torbide del fiume ivi depositatesi e dentro le quali il fiume stesso stabilisce il proprio alveo. Le cause influenti nello stabilire la particolare direzione del fiume sono la direzione del suo sbocco, i punti del contorno maggiormente depressi, le ineguaglianze del fondo della palude e gli accidentali impedimenti, come canneti od erbe, correnti di altre acque ecc., che si trovassero nel tratto medesimo.

Infatti entrando il fiume con una certa direzione nel terreno basso in questa direzione l'acqua conserverà una certa velocità fino ad una certa distanza dal suo ingresso, e le deposizioni della materia si faranno lateralmente a quella direzione, formandosi quivi nn principio d'alveo nella direzione medesima. Colmo lo spazio fino all'altezza del punto maggiormente depresso per questo comincierà a fluire acqna che, acquistando da ciò una certa velocità, scaverà un principlo di alveo, e protraendosi la chiamata superiormente, dalla direzione che prenderà il corso dell'acqua dipenderà anche la direzione di quest' ultimo tronco. Fra questi due punti, che determinano il principio ed il termine dell'alveo in qnel terreno, l'andamento della linea sarà principalmente tracciato dalla via segnata dalle maggiori profondità della palude, imperocchè, avvenendo egualmente le deposizioni sui varii punti, le allnvioni si eleverauno più presto lateralmente e più presto formeranno come spalla all'acqua, la quale prenderà corso fra le stesse. Nella medesima guisa operano tntte le canse che fanno all'acqua una strada o più aperta e spedita, o più bassa di un'altra, perchè l'acqua soguita la via delle minori resistenze. Di qui discende la ragione del farsi l'alveo in qnesti tratti generalmente assai tortnoso.

516. Non si dee però credere che in tal caso il fiume seguiti con nn solo ramo una sola direzione; anzi pinttosto secondo la diversità delle cause si dovrà suddividere in moltissimi rami divisi anch'essi in altri minori, i quali a poco a poco saranno lasciati dal fiume serrati colle alluvioni, a misura della maggior forza che fra essi prenderà quello che è il meno impedito; dimodochè rare volte succede che si mantengano più rami se il fiume non ha o notabile abbondanza d'acqua, o un certo equilibrio di condizioni nei diversi rami, cosa questa che non è molto facile a succedere.

517. Abbiamo ora accennato come se un fiume si divide in più rami e assai difficile che li conservi, ma come succeda invece che finisca col correre tutto per nno solo, almeno qnando la suddivisione succeda distante dalla sua foce, dove la suddivisione in rami si conserva per le ragioni che accenneremo nel capo seguente. Egli è infatti evidente che assai difficilmente possono combinarsi condizioni tali per cui i varii rami riescano egualmente favoriti dal finme, ma che assai facilmente l'uno, o per maggiore facilità di imboccatura, o per maggiore pendenza riceverà maggior copia d'acqua, la quale perciò terrà sgombro quel ramo assai più

che l'altro, per cui o maggiori si faranno le escavazioni o minore l'interrimento, dal che riescirà sempre più facilitata l'ontrata dell'acqua a scapito dell'altro che, impoverito sempre più, andrà restringendosi e perdendo della sua pendenza, motivo per cni a lungo andare tutta l'acqua del fiume scorrerà pel primo abbandonando interamonte l'altro.

Questo caso succedette pel Pò dopo la rotta alla Stellata nel 1152, e per ciò abbandonò il vecchio alveo dirigendosi tutto pel oosì detto Pò di Venezia. Assai probabilmente ciò succedetto dell'Arno che in antico, al di sotto di Arezzo, si partiva nei due rami dell'Arno attuale e delle Chiane con cui metteva nel Tevere, e che ora va tutto pell'Arno attuale; e così succederà anche dell'Orenoco che, al di sotto di Esmeralda, si partisce nel rio Cassiquiaro che mette in Rio Negro attraversando la pianura di Vasiva, dove fra tempo non lnngo si presenterà il caso stesso che in altro tempo subì la Chiana.

518. Non è però a dirsi che dalla linea media determinata dalle cause superiormente accennate il fiume non possa alcuna volta deviare, dall'una o dall'altra parte, a cagione di accidenti particolari che possono presentarsi in qnalche particolare occasione; simili deviazioni possono anche far mutare essenzialmente lunghi tratti della linea precedente, condurre anche a far foce in punti molto lontani, come nel caso del Pò, ma anche nella nuova linea il fiume tenderà verso uno stabilimento, e lo raggiungerà dopo tempo non mai molto lungo, e da questo non devierà se non in casi assai rari e per l'influenza di prepotenti cause che non si presentano che assai raramente.

Possiamo dunque concludere che *qualunque fiume tende sempre verso uno stabilimento, non solo per quanto spetta alla legge che lega le sue pendenze, ma ancora per quanto spetta alla sua direzione ed alla linea da esso percorsa.*

Messa così in chiaro questa fondamentale massima idraulica veniamo ora a considerare in dettaglio l'influenza di alcune cause speciali, locchè faremo nei capi seguenti.

Cap. VII. — Della protrazione della foce; del delta dei fiumi e della protrazione delle spiaggie.

519. Abbiamo veduto più sopra che tutti i fiumi trascinano seco fino al loro sbocco e materie che tengono sospese nelle loro aoqne, e materie che spingono continuamente in

avanti rasente il fondo; le prime sono materie fangose e sottilissime sabbie, le altre sabbie più pesanti le quali continuamente avanzano sul fondo, parte strisciando e parte ad onde come si è mostrato più sopra. Queste, insieme colle prime, vengono versate nel mare, dove và in fine a metter capo tutta la materia che entra nel fiume, almeno quando questo sia già stabilito nella linea delle proprie pendenze. Le prime delle dette materie, come più leggere e come quelle che hanno maggiore cocsione coll'acqua, non precipitano già tutte al fondo appena entrate in mare, ma vengono dal fiume stesso spinte molto al largo, conservando l'acqua del fiume una certa velocità, laddove le seconde, come più pesanti ed anche in maggior copia, si depositano sul fondo appena uscite dalla bocca del fiume, e formano i banchi subacquei che si alzano successivamente, e sui quali finiscono poi ad arrestarsi in parte anche le materie fangose, allungando il canale della foce, e generando i coni o i delta d'allnvione.

520. Siccome alla foce l'acqua del fiume si spiana su quella del mare, e non può quindi conservare una certa altezza sul fondo, così a scaricare le sne pieno il finme ha di bisogno e di ampia bocca e di grando velocità, la quale ultima, nel mentre produco la massima escavazione e quindi l'orizzontalità dell'ultimo tronco fino ad una distanza più o meno grande dalla foce, solca il terreno, facilmente corrodibile, e fa sì che il fiume in vicinanza alla foce si suddivida in più rami, sopperendo colla moltiplicità degli sbocchi al bisogno di ampia sezione per cni versare la copia delle proprie acque. Per questa ragione i detti rami tendono appunto a conservarsi, e siccome scanni si producono in faccia a ciascuno e depositi laterali, i quali col tempo congiungendosi fra di loro formano un nuovo terreno che viene solcato dai detti rami, i quali nello stesso si aprono come a ventaglio, così col progredire del tempo formasi quivi un vasto terreno d'alluvione, steso esso pure quasi a ventaglio, e che costituisce quel prolnngamento che con proprio nome, dalla sua forma, dicesi il delta del fiume. Così ebbe origine il delta del Nilo, così quello del Pò, ecc.

521. Di questo modo, quando il fondo del mare dove sbocca il fiume non sia tale che le materie, portatevi dentro dal fiume stesso, vadano a perdersi nel fondo senza che possano più venire risollevate e spinte alla spiaggia, ciascun fiume prolunga la propria foce per entro al mare forman-

dosi il proprio delta, fra mezzo al quale esso prende il suo corso suddividendosi in varii rami, i quali possono sucessivamente variare, e variano infatti, col tempo per le stesse ragioni per cui invece nei punti più lontani dalla foce tende il fiume ad incanalarsi in un ramo soltanto, ma che quì sussistono, se non i medesimi, sempre numerosi per quella che si potrebbe dire influenza della foce, e che consiste nel bisogno che ha il fiume di molti sbocchi per versare sempre convenientemente le proprie piene. Questa moltiplicità di sbocchi, e la forma del delta, concorrono ad attenuare il progredimento della foce, e perchè la materia versata viene distribuita sopra uno spazio più grande, e perchè, non riescendo sempre tutti i rami egualmente prediletti, allo sbocco di quello per cui si incanala il maggior corpo dell'acqua avviene anche maggiore il protendimento, con che, per l'allungata linea, viene a perdere il vantaggio che avea prima, il quale portandosi allora sopra altro ramo fa sì che questo vada acquistando terreno sull'altro e finisca col vantaggiarlo, attenuandosi allora il progredimento del primo sbocco e facendosi maggiore quello dell'altro, dal chè risulta un equilibrarsi di effetti ed un pretendimento medio uniforme, nel mentre che l'azione del mare sopra gli scanni di faccia ai rami meno prediletti serve anche ad attenuare l'entità del medio protendimento totale.

522. La materia versata dal fiume entro il mare, e depositatasi sul fondo del mare di faccia allo sbocco, viene poi smossa e risollevata dalle così dette lame di fondo, cioè dalle onde marine le quali quando col loro moto arrivino a toccare il fondo quivi si frangono e producono la così detta onda franta, la quale ha un reale moto di trasporto verso il lido e che logorando il fondo e risollevando la materia quivi depositatasi, incorporandola con se stessa o spingendola lungo il fondo, la ricaccia verso la sponda e quivi la va accumulando ed ajuta con ciò il fenomeno del protendimento, in qualche modo accelerandolo col restituirvi una parte della materia e producendo dei nuovi scanni, i quali si troveranno di preferenza verso quella parte ove la detta materia è spinta dall'azione dei venti dominanti, e quindi del moto dominante delle onde frante da cui traggono la loro origine. Questi scanni determinano particolare direzione della foce, la quale, quando non intervengano altre cause, si volgerà perciò nella direzione del vento che domina nei paraggi ove si abbatte a sboccare il fiume.

523. Un'altra causa potentissima sulla direzione della foce si trova nelle correnti marine, come ad esempio qui nei nostri mari nella così detta corrente litorale. Questa corrente si manifesta su tutte le nostre coste, però con differente energia, e ciò non solo dipendentemente dalla direzione dei venti e del flusso e riflusso, che la favoriscono o la contrariano, ma eziandio dalla direzione e dalla conformazione delle coste. Limitandosi all'Adriatico, essa dopo seguita dal sud al nord la direzione delle coste d'Albania e di Dalmazia, giunta all'altezza delle isole e scogli che stanno davanti al canale di Zara e del Quarnero, si divide in due correnti, una delle quali seguita il litorale della Dalmazia quindi dell'Istria e dei lidi Veneti, facendo continuazione al movimento generale che gli è proprio, mentre l'altra si volge al largo, traversa l'Adriatico ed, arrivata nelle acque di Ancona, torna ad unirsi colla prima in una corrente sola, e seguita a discendere molto più energica verso la Puglia, dove acquista velocità maggiore che in ogni altro punto dell'Adriatico. Sui lidi Veneti non meno che su quelli dell'Emilia, ove non sia nè favorita nè contrariata dai venti e dalle maree, la sua velocità si valuta dai sei agli otto chilometri al giorno, ma sulle coste della Puglia si stima poter raggiungere anche i tre e i quattro chilometri all'ora. A mare tranquillo cessa la corrente a sette od otto metri sotto la superficie delle acque, e da alcune osservazioni parrebbe risultare che la sua velocità non è massima in superficie ma bensì alquanto al di sotto della superficie medesima.

524. Descritta così brevemente la corrente litorale nostra, per quanto spetta alla sua influenza sulla direzione della foce dei fiumi nostrali, è mestieri distingnere in primo luogo la acque che scorrono chiare da quelle che trascinano torbida. Le prime, come ad esempio le acque che escono dagli sbocchi delle nostre lagune di Venezia, secondando la direzione della corrente litorale, escono volgendosi alla loro diritta, perchè appunto, la risultante delle due velocità volgendosi alla diritta, più facilmente corrosa è questa sponda, la quale, cedendo, finisce col dare alla foce una direzione nel senso medesimo. Ma la cosa è assai differente per quelle correnti che convogliano torbida; i loro sbocchi piegano quasi sempre a sinistra, perchè alla parte destra mancando il moto litorale del mare, che tagliato ed interrotto dalla corrente del fiume si rallenta e si getta più al largo, cessa

la causa che spingeva avanti tanto le sabbie portate immediatamente dal fiume quanto quelle che, versato dal fiume sulle basse spiaggie, sono poi risollevate dalle onde, donde ne nasce che queste materie si depongono immediatamente alla parte destra, formando degli estesi scanni che fanno piegare il fiume a sinistra, dove altri scanni si formano si ma meno estesi ed elevati, perchè la corrente del mare unendosi a quella del fiume cospira a portare avanti le materie quivi raccoltesi. Ciò per altro non si verifica sempre o per una o per altra ragione, ma principalmente per quella accennata più sopra delle traversie e dei venti dominanti.

525. Questione assai più controversa è quella dell'influenza della corrente sulla protrazione delle spiaggie. Secondo alcuni la protrazione delle spiaggie è dovuta all'azione delle onde frante in vicinanza del lido, le quali scalzando il fondo del mare ne gettano la materia sollevata sul lido, dove, accumulandosi, produce la protrazione per entro il mare del lito medesimo. Secondo altri una tale protrazione è dovuta principalmente alle correnti litorali, le quali trasportano e depositano lungo le sponde le sabbie versate nel mare dai fiumi che sboccano sopra corrente, e che dallo lamo di fondo e dal moto ondoso del mare vengono sollevate e poste in balìa delle correnti medesime. Egli è evidente che l'una e l'altra causa concorrono insieme nel fenomeno, e che o l'una o l'altra ha la prevalenza a seconda delle varie circostanze locali. Se infatti il fenomeno fosse tutto dovuto alle lame di fondo soltanto, senza che sul fondo del mare si deponesse successivamente nuova materia, il fenomeno avrebbe termine allora che, col continuo lavoro, il mare avesse ridotto il suo fondo così che l'azione equiparasse la reazione, al qual punto si dovrebbe arrivare dentro tempo probabilmente non molto lungo. Arroge a ciò che la semplice azione dei flutti sarebbe incapace a spiegare tutti i fatti, e, per tacer d'altri, quello ad esempio della protrazione delle spiagge occidentali dell'Adriatico dalla punta di Sdobba in avanti. Allo sbocco dei fiumi la materia versata dai medesimi in mare si deposita parte in banchi immediatamente allo sbocco stesso, e parte va più al largo a deporsi sul fondo del mare; le onde frante risollevano la detta materia o logorano gli scanni, e allora le sottili particelle di sabbia, tenute in sospeso dal moto ondulatorio dell'acqua marina, trovandosi in preda della corrente litorale vengono dalla stessa portate al basso, e si depositano al cessare del moto ondoso inferiormente, per

essere risollevate nuovamente dalle onde e portate ancora più avanti dalla corrente e così via; una volta che la corrente le porti sempre più al basso sul fondo le onde le cacciano al lido, e così le spiaggie si prolungano entro il mare. Tale è certamente la causa dell'insabbiamento dei porti di Venezia, e così viene giustificato l'uso e l'influenza delle dighe a proteggere i porti medesimi, come ad esempio è quella di Malamocco. Senza voler negare l'azione del moto ondoso, pare a me, che sia necessario ricorrere alle correnti pel trasporto delle materie di più in più al basso, e se la prima può spiegare alcuni fenomeni di agglomeramento di materia in particolari direzioni, non può certo essa sola dar ragione di quell'aumento progressivo e continuo che si rimarca in alcune spiaggie, e principalmente nelle nostrali; chi desiderasse più ampie dilucidazioni in proposito potrà utilmente consultare la memoria del Comm. Paleocapa « Considerazioni sul pretendimento delle spiaggie »; come anche quella del Comm. Cialdi « Cenni sul moto ondoso del mare » stampate la prima in Torino, la seconda in Roma nel 1856.

526. La protraziono della foce dei fiumi è accompagnata da variazioni nel letto dei fiumi stessi, che devono essere attentamente studiate. Quì pure due opinioni estreme tengono il campo; secondo gli uni, quando l'ultimo tronco del fiume è orizzontale, la protrazione della foce non ha alcuna influenza snll'alveo superiore; invece secondo il Lorgna ed i suoi seguaci la protrazione della foce corrisponde come ad uno spostamento di tutto l'alveo il quale, conservandosi parallelo a se stesso, si trasporta ad intestarsi alla nuova foce. I primi giustificano la loro opinione con questo ragionamento: dappoichè, dicono, il fiume non ha di bisogno di alcuna pendenza nel suo ultimo tronco per convogliare al mare le proprie torbide poco monta che questo tronco sia più o meno lungo, e quindi nessuna influenza può avere quel prolungamento del detto tronco che è conseguenza della protrazione della sua foce nel mare; e questo ragionamento lo convalidano recando in campo alcuni fatti particolari, fra i qnali quello del Po, che, ad onta della protrazione della sua foce, non ha menomamente mutato l'alveo al di sopra di Pontelagoscuro, ove ha termine il suo alveo orizzontale. Il ragionamento del Lorgna si può compendiare così; perchè un fiume possa convogliare al mare tutta la sua torbida ha di mestieri di una certa serie di pendenze, assolutamente stabilite dalla quantità e natura della torbida stessa, e per

20

versare tutta la sua acqua in mare richiede una determinata ampiezza e profondità di foce; qnesta profondità dovendosi misurare dal livello medio del mare, al nuovo suo termine la nuova foce si troverà alla stessa profondità di prima, e siccome la serie delle pendenze non può mutare così si dovranno segnare le dette pendenze a partire dal fondo della nuova foce, cosicchè l'alveo nuovo, avendo le stesse pendenze di prima ma intestate al detto punto, riescirà parallelo al primo, solo mutato nel punto di partenza.

527. E l'una e l'altra opinione, assai probabilmente, non colgono nel vero. Se l'ultimo tronco del fiume non ha di bisogno di alcuna pendenza per convogliare al mare la propria torbida è troppo azzardato il dire che ciò succederà per qnalunqne lunghezza, perchè non vi ha ragione perchè essendo idoneo a convogliare la propria torbida sopra alveo orizzontale per cinqne o sei chilometri lo debba essere anche per una lnnghezza maggiore; e se ciò non ha luogo, intestandosi le pendenze più al basso di prima, l'alveo superiore si alzerà. L'esempio del Po non calza, perchè sono note le variazioni ch'egli ha subito nei suoi ultimi tronchi, le quali ne abbreviarono prima notabilmente la linea che poi si tornò ad allungare, e potrebbe avere scavato prima e interrito poi; nè le osservazioni sul fondo sono così continuate e precise da poter accennare a queste variazioni.

La stessa opinione del Lorgna, sebbcne a primo aspetto più razionale, incappa anche essa in un obbietto: la costante osservazione ci mostra che le pendenze vanno sempre diminnendo dall'alto al basso, e per l'anmentata portata, e per l'attenuazione della materia; colla protrazione della foce allnngandosi la linea anche le ultime pendenze che immediatamente precedono il tronco orizzontale si faranno minori, e lo stesso tronco orizzontale potrà farsi più lungo; non è dnnque giusto il dire che a partire dalla nuova foce le cose si stabiliranno nelle pendenze e nello stato di prima, ma assai probabilmente e il tronco orizzontale si farà più lnngo, e le pendenze che immediatamonte lo precedono minori.

Stando a qnanto io ne penso il vero stà forse frà queste due opinioni, e senza poter dire quanto una prolungazione della foce possa far alzare l'alveo snperiore io crederei però potersi dire che lo farà certamente alzare; nn tale alzamento sarà minore di quello portato dalla teoria del Lorgna, ma un alzamento vi sarà, più o meno grande a seconda delle particolari circostanze, in proporzione maggiore

nei fiumi più piccoli di quello sia nei maggiori, ma senza poter però in nessun caso precisare il quanto.

Cap. VIII. Dell'arginamento, dei Diversivi e delle Pescaje.

528. Da quanto abbiam detto nei capi precedenti risulta che qualunque fiume finisce collo stabilire il proprio alveo, sia scavando il terreno là dove una pendenza maggiore di quella che gli compete lo obblighi a profondare l'alveo proprio dentro al terreno medesimo, sia nelle proprie alluvioni quando, abbattendosi in terreno basso di nulla o piccola pendenza, deve elevare il proprio letto per acquistare la pendenza normale di cui abbisogna,

In quest'nltimo caso quando il fiume monta in piena l'acqua si espande lateralmente ed, essendo torbida, por la rallentata velocità deposita da una parte e dall'altra la torbida stessa, elevando così contemporaneamente il terreno circostante nel mentre eleva anche il propriu fondo, e ciò fino a condurre e l'uno e l'altro alla pendenza richiesta dalla sua particolare natura. In ciò fare l'acqua che tracima lateralmento deposita tosto la sua torbida più pesante e non si scarica della più leggera che a molta distanza dalla sponda, e precisamente là dove si raccoglie e ristagna nelle parti maggiormente depresse. Succede per ciò che il terreno laterale al fiume si eleva assai più, e assai più presto, di quello che è più discosto, per cui il torreno si dispone in doppia pendenza laterale, conservandosi le massime depressioni a molta distanza dalle naturali sponde che il fiume stesso si forma da sè, e dentro alle quali trattiene, se non tutta l'acqua dolle sue massime piene, almeno il suo corpo maggiore. Se noi andiamo infatti percorrendo le sponde di un fiume, là dove il suo alveo si è formato fra le sue alluvioni, si scorge che lo zone laterali al fiume sono assai più elevate di quelle che sono più lontane, e ciò tanto più quanto più ci dilunghiamo lateralmente dal fiume, consorvandosi ancora le basse terre ed i paduli ad una distanza grande, non però grandissima, dal fiume.

In qnesto andamento di cose è facile lo scorgere una tendenza che ha qualunquo fiume di stringere le proprie acque fra sponde che ne impediscano le tracimazioni e sieno naturale difesa al circostante terreno, il quale si rendo da ciò immune dai pericoli delle inondazioni, sebbene resti in

medio più basso delle maggiori elevazioni alle quali possono ginngere le acque di piena.

529. Assai spesso l'uomo, secondando questo naturale andamento e spinto dal bisogno di difendere il terreno da lni già conquistato alla coltivazione, anticipa l'operazione naturale e mnnendo egli stesso di dighe artificiali, dette argini, il fiume difende con esse il proprio terreno dalle inondazioni. Quest' operazione in ultima analisi non fa che impedire al fiume di stabilire il terreno circostante mentre stabilisce il proprio letto; il terreno resta qnello che era al momento dell'arginamento mentre il letto del fiume, non ancora stabilito, va elevandosi fino a raggiungere quell'altezza che è richiesta al suo naturale stabilimento; ciò richiede un successivo alzamento delle dighe, alzamento però che si arresterà quando l'altezza raggiunta dal letto sia la normale.

Considerando così la cosa parrebbe non nascere dubbio sull'utilità dell'arginamento, o almeno la questione non poter essere che una questione di economia per vedere fino a qnanto vi sia il tornaconto nel mantenere uno stabilimento, che è uno stabilimento artificiale del fiume; senonchè la questione dell'arginamento essendo occasione tuttora a paure irragionevoli e a controversie, specialmente fra 'gli estranei, credo pregio dell'opera l'entrare in qualche maggiore dettaglio.

530. L'influenza dell'arginamento va considerata e sopra il tronco al quale sono immediatamente applicati gli argini, e nei tronchi inferiori, influenza che da questi si riporta poi sul tronco primitivo. Il fenomeno è nn fenomeno complesso che risulta da questa doppia azione, che potremo dire, con sufficiente proprietà, *diretta* e *riflessa.*

531. In quanto all'influenza diretta è evidente che, tendendo gli argini ad impedire lo espandersi della piena sulle circostanti pianure, viene per essi trattenuta nell'alveo tutta l'acqua fluente pel fiume, e per ciò, essendo l'acqua insieme tutta raccolta, viene per essi aumentata la velocità media che l'acqua avrebbe naturalmente in quel tronco a cui sono essi applicati. Effetto dunque immediato degli argini è l'aumento della velocità; e siccome a velocità aumentata corrisponde maggior copia di materie portate oltre, maggior peso delle materie stesse, nonchè minore interrimento o maggiore escavazione, così si potrà dire che all'arginamento conseguita una torbida, fino ad un certo grado, maggiore ma però accompagnata da un minore interrimento. Ho detto a bello stndio fino ad un certo grado essendo evidente che

l'arginamento può trattenere nell'alveo la materia portata dentro nel fiume dai suoi tributarii, ma non può certamente aumentarla. Ora la più concorde opinione dei pratici, e l'osservazione costante che i fiumi hanno tanto minore pendenza quanto è maggiore la loro portata, pongono fuori di ogni dubbio la massima idraulica dei nostri vecchi, che più vale allo scavamento il maggior corpo delle acque, quantunque torbide, di quello sia la loro torbibezza all'interrimento del fondo, almeno per quella qualità di materie che in ogni caso devono essere consumate e smaltite dal fiume; per ciò mi pare poter essere con sicurezza stabilite le conclusioni seguenti.

532. 1. Avuto riguardo al solo effetto che gli argini producono immediatamente nel tronco a cui sono applicati, essi devono tornare certamente in vantaggio, diminuendosi per essi la pendenza dell'alveo e sbassandosi per ciò il fondo del fiume al di sotto di quel livello che naturalmente avrebbe qualora fosse lasciato espandersi liberamente sulle adiacenti campagne.

533. 2. L'arginamento non impedisce menomamente lo stabilimento dell'alveo, esso anzi non fa che accelerarlo. Infatti è evidente che pel fatto dell'arginamento non può essere mutata la quantità della materia recata dentro del fiume dai suoi tributarii, e siccome il fiume è stabilito quando è idoneo a smaltirla così dovrà sempre stabilirsi in qualunque caso, e si stabilirà più presto se arginato, non avendo allora che a stabilire il proprio fondo senza dovere stabilire contemporaneamente il terreno circostante. E ciò si farà maggiormente evidente quando si rifletta che anche quando giungesse ad uno stabilimento naturale vi arriverebbe chiudendosi fra due dighe naturali, che non differiscono dagli argini che per la loro larghezza.

534. 3. La serie delle pendenze in alveo stabilito naturalmente non potrà certo essere costituita in pendenze minori o succedentisi a tratti più estesi, perchè trattenendosi dagli argini dentro all'alveo maggior copia di acqua, questa non può che migliorare, ma non peggiorare per certo le pendenze dell'alveo medesimo.

535. Per quanto spetta all'influenza riflessa osserveremo che l'incanalamento dell'acqua nei tronchi superiori ha per necessaria conseguenza una torbida maggiore e composta di materie più pesanti, le quali verranno dall'acqua stessa spinte nei tronchi inferiori, fino ai quali non arriverebbero

qualora al fiume fosse liberamente concesso lo espandersi; fino a che dunque si combinerà anche in questi tronchi la maggior copia dell'acqua, e con essa la maggiore velocità, essi pure riesciranno vantaggiati, o almeno non ne sentiranno alcun danno; ma progredendo all'ingiù arriveremo finalmente agli ultimi tronchi, al letto orizzontale, al delta del fiume. Ora è impossibile che qui non si faccia sentire l'influenza della maggior copia delle materie e della maggiore pesantezza della torbida, influenza che ci si manifesterà certo in un maggiore prolungamento della foce, ed in un accorciamento del letto orizzontale; e perchè l'uno e l'altro di questi fenomeni sono causa permanente di un interrimento che progredisce da valle a monte, così ai medesimi conseguirà un alzamento nel tronco precedente a quello in cui essi succedono, e che da questo si propagherà a tutti i precedenti. Egli è poi evidente che un tale effetto sarà maggiore in quei fiumi che sboccano in mare per una sola foce, e ciò tanto più se essi saranno arginati fino al loro termine; ma sarà di molto minore quando il fiume sbocchi per più foci, e tanto meno se non sarà arginato negli ultimi suoi rami, ma siasi invece lasciato espandere nelle proprie alluvioni.

536. Risulta da ciò che l'influenza dell'arginamento sugli ultimi tronchi risalendo a mano a mano all'insù, si farà sentire anche nei tronchi superiori, i quali perciò dovranno rialzare il proprio letto; ma siccome ad un arginamento dei medesimi corrisponde poi parzialmente nei tronchi stessi una diminuzione di pendenza, e quindi uno sbassamento dell'alveo, così i due effetti succederanno in senso opposto e il vantaggio dell'uno verrà scemato, e forse anche in progresso di tempo tolto dallo svantaggio dell'altro. Se però la protrazione della foce è piccola, e il fiume sia lasciato divagare nel suo delta, occorrerà molto tempo prima che il fenomeno della protrazione della foce tolga i vantaggi dell'arginamento dei tronchi superiori, e perchè l'interrimento da valle a monte progredisce sempre con lentezza, e perchè l'alzamento prodotto dalla protrazione della foce è compensato dalla diminuzione di pendenza dovuta all'aumentata portata, e perchè l'effetto di questa protrazione è diminuito dalla lunghezza del tratto orizzontale, e perchè finalmente una grande influenza devono avere tutte quelle o cause accidentali od operazioni d'arte per cui viene abbreviata la lunghezza del corso del fiume, specialmente nel suo bacino di deposito.

537. Le cose discorse fin qui, pare a me, che possano togliere qualunque ragionevole dubbio sull'utilità dell'arginamento dei fiumi, e sulla opportunità di quella sitemazione artificiale che permette di mettere a coltura vasti tratti di terreno, guadagnati così all'industria agricola. È una sistemazione artificiale è vero, ma, purchè sia condotta a dovere, essa può essere ugualmente buona di una sistemazione naturale ohe esigerebbe tempo troppo lungo per potersi compiere per intero. Perchè però una tale sistemazione possa tornare veramente di vantaggio si esigono alcune condizioni manifeste per sè, ma che non credo inutile di qui accennare brevemente. È mestieri in primo luogo che gli argini presentino sufficiente solidità e robustezza acciocchè non possa mai succedere il pericolo di rotte, o almeno che non riesca soverchiamente difficile di opporre le necessarie difese. In secondo luogo che non si elevino troppo sopra il livello dei circostanti terreni e perche ciò toglierebbe loro la resistenza necessaria, e perchè il loro mantenimento farebbe incorrere in dispendio soverchiante l'utile, o perchè se a caso avesse a succedere una rotta riescirebbe tanto più difficile il chiuderla quanto più il fiume si elevasse sopra il terreno laterale. In terzo luogo è necessario che la linea artificiale mantenuta dagli argini non contrasti colla natura del fiume e non obblighi il fiume stesso ad eccessivi alzamenti del proprio letto. Il giusto adempimento di quest'ultima condizione esigerà un giusto criterio idraulico, sarà anche difficile in alcuni casi, ma non potrà mai essere recata in campo contro il sistema dell'arginamento in generale; si potrà dire che il nostro Reno è male sistemato nella sua linea artificiale ma non si potrà mai dire che ciò è dovuto al sistema dell'arginamento, l'errore sta nella linea scelta non nel sistema adottato.

538. Vi fu un tempo in cui al periodo di soverchianti piene si pensò di recare rimedio mediante i così detti *diversivi*, i quali consistono nell'aprire alle acque eccedenti uno scarico, conducendo l'acqua di cui si allegerisce il fiume per un canale a scaricarsi altrove, ed a questo canale appunto si diede il nome di diversivo. Non sono da confondere questi diversivi con quelli che si praticano nelle sponde dei fiumi per deviare dai medesimi una certa quantità di acqua allo scopo della navigazione, dell'agricoltura o dell'industria, questi o si chiudono in caso di piena o si limita la quantità d'acqua erogata, gli altri invece servono esclusivamente allo scarico

della piena e restano inattivi nel caso di magra. La scienza idraulica progredendo ha dimostrato il cardinale errore dei diversivi ed ora nessun ingegnere oculato li ammetterebbe, ma siccome potrebbe in alcuno sorgere tuttora dei dubbii così credo utile di entrare qui in qualche dilucidazione anche sopra questo argomento, legandosi esso pure alla quostione dello stabilimento, che dobbiamo esaminare in tntti i suoi dettagli.

539. E in primo lnogo è necessario vedere se i diversivi raggiungano o no lo scopo per cui vengono proposti. Altrove abbiamo dimostrato che la portata di un fiume, ad altre circostanze pari, cresce così che il quadrato della portata è proporzionale al cubo dell'altezza dell'acqua, cosicchè per esempio se la portata avesse a farsi tripla l'altezza non diverrebbe che circa doppia, e se la portata diventasse otto volte la prima, l'altezza non diverrebbe che quattro volte la primitiva soltanto, e così via. Nel caso di piena la portata è tanto grande che per diminuire dunque sensibilmente l'altezza dell'acqua sarebbe mestieri deviarne tanta da dare origine ad un nuovo fiume, senza di che l'altezza non sarebbe diminuita che di quantità inconcludente, per cui i pericoli non sarebbero certamente diminuiti. Concluderemo dunque che, senza incorrere nel bisogno di avere a guardare due fiumi in luogo di uno soltanto, il rimedio dei diversivi non rocherebbe sensibile giovamento; esso poi è soverchiamente dannoso per le ragioni che ora soggiungerò.

540. Gli effetti dannosissimi dei diversivi stanno precipuamente nel mutare le condizioni del letto del fiume; questi effetti si possono considerare e nel tronco ove è applicato il diversivo e nell'alveo inferiore. In quanto ai primi la chiamata operata dal diversivo, accelerando la velocità dell'acqna superiormente al diversivo, produce nna escavazione del fondo procedente da valle a monte, dal che riesce aumentata la pendenza superiore nel mentre che la diminuita velocità a valle, pel scemamento della quantità dell'acqua, producendo un interrimento, diminuisce la pendenza inferiormente, del che si origina un'anormale variazione repentina di pendenza, causa sempre di un ventre di piena, di cui sono noti i dannosissimi effetti.

Nell'alveo inferiore per la diminuita portata viene poi scemata l'escavazione, quando anche non ne provenga un interrimento, e siccome più vale ad aumentar la pendenza la diminuita portata di qnello sia a diminuirla la scemata

torbida così l'alveo inferiore si eleverà, ed elevandosi il fondo si alzerà il pelo di piena sui circostanti terreni ed il discapito sarà di lunga mano maggiore del vantaggio.

La storia del nostro Castagnaro, che qui per brevità debbo intralasciare, mostra manifestamente il danno recato all'Adige da questo diversivo ed il vantaggio che si ebbe dalla stabile sua chiusura.

541. Finalmente fra le cause operanti sulla sistemazione dell'alveo ci resta a dire delle *pescaie*, intorno alle quali dirò brevemente il mio sentimento.

Dicesi *pescaia*, *serra* o *chiusa*, nna diga costruita sul fondo attraverso all'alveo del fiume, ordinariamente in muratura o di grossi sassi congiunti e tenuti fermi da palafitte, le quali si costrniscono al doppio scopo o di impedire un ulteriore profondamento dell'alveo, o, secondo alcuni, a trattenere le ghiaie uelle parti superiori dell'alveo.

Pescaia, o chiusa o sostegno è anche una diga ordinata a tenere in collo l'acqua per derivarla ad usi particolari, ma noi non intendiamo qui di considerare una tale costruzione che sotto gli aspetti accennati di sopra, nel qual caso appunto si lega allo stabilimento del letto.

542. Se la pescaia si costruisce unicamente allo scopo di impedire un troppo profondamento dell'alveo il suo effetto è sicuro, imperocchè, presentando un punto inataccabile dall'acqua e stabilendosi l'alveo superiore coll'intestarsi a quel punto a valle che rimane fisso, l'alveo stesso non potrà profondarsi sotto il limite della pescaia e si coordinerà alla cresta della medesima.

Controversa è però l'opinione della loro utilità in qnanto al frenare le ghiaie; il Guglielmini reputa essere le pescaie del tutto inutili per impedire la protrazione delle ghiaie, imperocchè, riempiuto che sia lo spazio a monte della pescaia, pel che basta forse anche una sola piena, il nuovo alveo si disporrà dalla cresta della pescaia allo insù colle stesse pendenze di prima, e non essendo mutate le pendenze avremo le stesse ghiaie che si avevano prima in egual copia e grossezza. Il Grandi anzi le teme piuttosto dannose giudicando che l'accelerazione dell'acqua, pel salto che ha luogo alla pescaia, possa trascinar ghiaie in maggior copia e più grosse, con che la scala delle pendenze verrebbe a farsi maggiore e il limite delle ghiaie si dovrebbe protrarre più al basso. L'accelerazione invece dovuta alla chiamata di sbocco farebbe propendere il Manfredi a riputare utili le pescaie,

in quanto che, l'accelerazione della chiamata ingenerando nell'acqua maggiore velocità, parrebbe richiedersi minore pendenza del fondo perchè la velocità dell'acqua fosse quella che si richiede allo scarico dell'acqua stessa, e se il fondo è meno pendente le ghiaie che possono prender corso sopra lo stesso saranno meno grosse e copiose, con che verrebbero esse rattenute e il limite delle ghiaie si porterebbe per ciò più sopra. Se fra queste discordi opinioni dei primi maestri nostri mi è lecito di esporre pure la mia, dirò propendere io verso l'opinione del Gnglielmini, e, dando tutta l'efficacia alle serre ed alle pescaie nell'impedire l'escavazione e l'ulteriore profondamente dell'alveo, reputo il loro effetto per trattenere le ghiaie assolutamente nullo.

Capo IX. — Delle variazioni che possono avvenire nel bacino di riunione dei fiumi e della loro influenza.

543. Abbiamo veduto che fino a tanto che non venga recata alcuna alterazione nel bacino di formazione del fiume, esso stabilisce la linea delle proprie pendenze, e quindi il proprio fondo, così da rendersi idoneo a consnmare e smaltire in un dato periodo tutta la materia che nel periodo stesso vi recano dentro le correnti sue tributarie; ma è facile lo scorgere che se nel suddetto bacino avessero a succedere delle variazioni di qualche entità il fiume non potrebbe a meno di non risentirsene e di andare verso un nuovo stabilimento corrispondente alle nuove condizioni del proprio bacino. Le variazioni che possono influire sul fiume altre si riportano alla quantità dell'acqua ed alla sua distribuzione, altre alla quantità e qualità della materia. Ora

544. Se in un fiume, conservandosi la stessa proporzione fra la quantità e qnalità della torbida e la quantità e il regime dell'acqua, avesse a scemare la portata integrale è evidente che l'alveo si dovrebbe stabilire in una serie di cadenti maggiori di prima, se è vera, come lo è, la legge che a maggiore portata corrisponde sempre una minore pendenza; e inversamente scemerebbero le cadenti se la detta portata avesse ad anmentare. Potremo dunqne concludere che qualnnque variazione nel bacino di formazione per la quale, senza alterare la legge delle portate e la qnalità e il rapporto della torbida, si produca una diminuzione della portata del fiume determina una elevazione del letto

del fiume, per le accresciute cadenti del fiume stesso; e inversamente.

545. Se invece, senza variare la quantità totale dell'acqua, avesse a mutare il regime del fiume, ossia avesse a mutare la legge secondo cui varia la portata, allora richiamando quanto si è detto superiormente circa al modo di operare della piena sullo stabilimento dell'alveo, mi pare indubitato che qualunque variazione la quale tenda ad abbreviare il periodo di acqua copiosa, se anche da ciò riesca accresciuta l'entità della piena massima, non possa a meno di non generare una serie di cadenti maggiori, e quindi un alzamento del letto, perchè se anche il lavoro nella massima piena è maggiore pure, riescendo accorciato il tempo del lavoro e questo facendosi più irregolare, il lavoro totale sarà diminuito, ed abbisognerà quindi che una maggiore pendenza sopperisca alla mancanza di questo elemento per operare lo scarico della materia, che è necessario ad un finale stabilimento del letto.

546. In quanto alla quantità ed alla distribuzione della torbida egli è evidente in primo luogo che accrescendosi la quantità della materia che deve essere scaricata dal fiume senza che si accresca la quantità dell'acqua, che è il veicolo per cui la materia stessa si scarica, dovrà il fiume assumere una maggiore pendenza per sopperire con questa al manco di forza che ne risulta; sarà per ciò gioco forza conchiudere che qualunque variazione tendente ad aumentare la quantità della torbida produrrà una serie di cadenti maggiori, e quindi un alzamento del letto.

547. Nè solo se varia la quantità della torbida ma anche se, restando in totalità la stessa, avesse a variare la legge della sua distribuzione ancora succederanno delle alterazioni nel fondo, e particolarmente si aumenteranno le cadenti e si eleverà il fondo tanto più quanto meno regolarmente venga portata dentro dell'alveo la materia che deve essere smaltita, perchè ad una irregolarità di afflusso di materia è impossibile che non consegniti una irregolare deposizione sul fondo, dal chè producendosi una successione di avallamenti e di dossi, i quali, unitamente agli altri ostacoli opposti al libero defluire dell'acqua, ritarderanno il benefico effetto della escavazione; ed anche perchè la materia restando depositata e accumulata per qualche tempo nell'alveo acquista una compatezza maggiore, e, diminuita la scorrentezza per cui si presta alla escavazione, questa si farà

minore e più lungo tempo si richiederà a raggiungere il supposto profondamento, come vediamo appunto succedere nei fiumi temporarii, i cui alvei sono più pendenti anche per questa ragione.

548. Premesse queste idee generali veniamo a discutere in particolare alcune delle principali variazioni del bacino di formazione dei fiumi che più interessano la pratica; e in primo luogo io non porrò alcuna titubanza nel pronunciarmi contro a quelle operazioni d'arte che propongono o restringimento dei bacini dove, nelle parti superiori del fiume, le acque si espandono e stanno raccolte per tempo più o meno lungo come in altrettanti serbatoi, o raddrizzamenti dell'alveo verso le origini, che non ad altro tornano che ad una diminuzione di capacità dell'alveo; operazioni le quali tendono a far sì che l'acqua appena caduta precipiti al basso nella sua totalità, aumentando in pericolosissimo modo l'entità della massima piena ed abbreviando il periodo di acqua copiosa, che tanto influisce sopra una buona sistemazione del letto. Pare a me che simili operazioni possano paragonarsi al sopprimere il volante in una macchina, o a diminuirne il momento d'inerzia; il lavoro si farà irregolare ora eccedente ed ora scarso e nella sua totalità notabilmente scemato. Arroge che a tali operazioni consegue assai spesso aumento di torbida dal quale il danno è fatto ancora maggiore. A questo pure riescirebbero alcune inconsulte operazioni agricole le quali per far sì che alcuni guadagnino uno producono la perdita di cento ad altri. In base a ciò non so se e quanto fossero consigliabili alcuni raddrizzamenti dell'Adige praticati in questi ultimi anni superiormente alla Chiusa e che immediatamente si fecero sentire in un mutato regime delle piene del fiume.

549. E qui sorge anche la così contrastata questione del disboscamento, sulla quale è mestieri che ci fermiamo alcun poco.

Gli effetti del disboscamento debbono considerarsi e in riguardo al regime delle acque, e in riguardo alla quantità e qualità della torbida, e ciò non solo per quello che si riporta all'entità ed all'altezza delle piene, ma bensì, e principalmente, per quello che riguarda la disposizione del letto ed il nuovo stabilimento che sarà per prendere il fiume. Gli autori, stranieri principalmente, i quali non si preoccupano che della portata e del regime delle acque mostrano di non aver ben fissata la natura dei fiumi che sono, come abbiamo

già detto più sopra, una corrente d'acqua e di materia, dondo discende la necessità d'una legge determinata di pendenze, e per conseguenza d'una determinata altezza del letto. Potrà essere soggetto di contestazione se le selve operino come causa refrigerante o no, se dalla presenza delle selve sia aumentata la portata integrale del fiume o invece diminuita; se nelle pianure il dissodamento dei terreni sia causa che l'acqua venga più facilmente assorbita e quindi più lentamente condotta al fiume o no, ma nessun dubbio può certamente sorgere relativamente alla sua azione nelle montagne e negli alti bacini di formazione del fiume; ed infatti convengono tutti che il disboscamento praticato in grande nelle parti alte e montane occasionò piene più elevate e meno durature pel precipitare dell'acqua a valle liberamente appena appena caduta, e siccome la massima copia dell'acqua è quella che cade nei monti così non può essere dubbio che il disboscamento fatto per grandi estensioni negli alti bacini di formazione del fiume non sia causa per cui la piena si faccia più intensa e meno duratura, il chè, nel mentre porta l'altezza della piena ad elevazioni eccessive, è causa pure di alzamento dol letto, alzamento che concorre colla maggiore altezza di piena ad aumentare i pericoli pei circostanti terreni ed a rendere più costose e più difficili a mantenersi le necessarie difese. Considerazione questa di grande importanza principalmente pei nostri fiumi tutti arginati e con stabilimento artificiale.

550. Così pure non credo che siavi alcnno il quale voglia negare che il disboscamento ed il dissodamento del terreno non sieno causa per cui entri nell'alveo del fiume una quantità maggiore di materia, e che la stessa materia non venga portata dentro allo stesso in grandissima copia ad ogni succedersi di dirotti acquazzoni, e quindi appunto allora che principia la piena del fiume, e ciò e per la maggiore mobilità che acquistano le particelle dei terreni sopra i quali scorrono le acque, e per l'azione dissolvente delle meteore sulle roccie poste a nudo sulle balze montane. E dico che nessuno vorrà negare questi effetti perchè devono essere considerati sulle pendici delle più elevate catene dei monti, nelle più alte vallate e noi più dirupati burroni, dove, se anche da principio si impresero alcuno coltivazioni e si tentò di trattenere le frane con muricci od altro, queste non si poterono impedire, e gli scoscendimenti fecero ben presto ragione di queste improvvide operazioni. Ora e la maggior

copia di materia o la irregolarità dell'afflusso sono indubbie cagioni di alzamento del letto, richiedendo la materia stessa per essere smaltita una legge di cadenti maggiori di prima.

551. Combinando insieme le variazioni portate nel regime delle acque e quelle nella quantità, qualità e legge di afflusso della materia mi parrebbe di dover concludere che se il bacino di un fiume subiaca delle notevoli variazioni in causa di estesi disboscamenti, principalmente nelle sue erte montane e nei terreni poco assorbenti e facilmente attaccabili dall'influenze meteorologiche, lo stabilimento del fiume si farà nuovamente dopo un certo tempo più o meno lungo, ma si farà sotto cadenti maggiori di prima; motivo per cui il suo fondo si terrà più elevato di quello che corrisponde al precedente stabilimento. Le variazioni in più nelle cadenti, che sono conseguenza del disboscamento, saranno sì massime nelle parti superiori dell'alveo e andranno gradatamente diminuendo da monte a valle, di maniera che potrebbero riescire piccole negli estremi tronchi inferiori, ma non credo però che esse debbano riescire insensibili in tutta la parte pianeggiante, come vorrebbero alcuni; il che se anche avesse a succedere in qualche raro caso, non si dovrebbe ricevere in conto di regola generale. Se l'effetto del disboscamento delle erte montane non si è fatto sensibilmente sentire nel Pò egli è perchè i fiumi inferiori dell'Appennino portano la massa delle materie nell'alveo prima che avvenga la piena massima di Pò, e i fiumi superiori delle Alpi sono pressochè tutti lacuali. Non credo che sia per riescire guari più difficile la spiegazione degli altri casi particolari che si sogliono recare in campo nella soluzione generale della questione; e d'altra parte assai più numerosi ed evidenti sarebbero gli esempi che si potrebbero contrapporre ai medesimi.

552. L'effetto del disboscamento non è però un effetto progressivo; l'alveo del fiume, dopo avvenuto il disboscamento, si stabilirà nelle sue nuove condizioni dopo un tempo più o meno lungo a seconda della natura del proprio bacino, e avrà certamente un termine quando tutto sarà coordinato alle nuove sue condizioni. Questo effetto potrà anche scomparire se poi succederà un nuovo rimboscamento in vaste proporzioni del bacino, però questo succederà assai lentamente, e dubiterei molto che tutti i dannosi effetti fossero per scomparire.

Capo X. — Delle piene dei fiumi e dei loro principali fenomeni ed effetti.

553. Nessnn fiume consorva costantemente la stessa portata, ma questa cresce o cala in ciascuno a seconds delle varie circostanze che si succedono nelle varie stagioni dell'anno, e con essa cresce o oala l'altezza dell'acqna, e varia quindi il suo livello rapporto ai terreni conterminanti. A oircostanze medie ordinario l'altezza dell'acqua si mantiene fra certi limiti, e quando supera il più alto dei medesimi si dice essere il fiume in piena, e si dice essero in magra quando si trova inferiore al più hasso.

In qualche tronco può allo volte il fiume supersre il sno maggior limite di media altezza senza che la sna portata sia accresciuta, e ciò per cause speciali, come a cagion di nn rignrgito, ma allora più che piena è un gonfiamento del fiume stesso, e si distingue pel seguente oarattere; nella piena la pendenza e la velocità sono accresciute, nel rigonfiamento invece riescono l'una e l'altra diminuite. Qui intendiamo parlare della piena soltanto.

554. Le piene succedono in seguito a dirotte e continuate pioggie od al disfacimento delle nevi, e siccome questi fenomeni avvengono in ogni rogione pressochè periodicamente in date epoche così pressochè periodicamente ed in date epoche snccedono le piene dei fiumi. Presso noi le maggiori pioggie avvengono in sul finir dell'antnnno e lo sfacimento dello nevi al terminare della primavera, o iu quelle epoche appunto succedono le maggiori piene dei nostri fiumi. Per la natura stessa della cansa di queste due piene d'ordinario la prima è più alta ma meno duratura dell'altra. In quei fiumi che non sono alimentati da alte montagne, dove nelle stagioni fredde si raccolgono in gran copia le novi, non succede d'ordinario che nna piena soltanto, e qnesta evidentemente all'epoca delle maggiori pioggie.

555. Un aquazzone in un punto, un vento siroccale che sciolga in acqna la nove accumulata in alcune gole fanno ropentinsmente gonfiaro il torrente ove quell'acqna precipita a raccogliersi, e la sua piena si fa ad un tratto altissima e pericolosa ma anche hen presto scompare, ed i torrenti per ciò vanno soggetti a frequenti e forti piene ma di durata assai hreve; ma quanto più, riunendosi insieme, vanno ingrossando in fiumi maggiori e tanto più va in qualche modo

regolarizzandosi la piena, e perchè è assai improbabile che nei variati bacini dei fiumi influenti avvengano contemporaneamente lo stesse circostanze meteorologiche, e perchè quando anche ciò avesse a succedere i fiumi inferiori si scaricherebbero più presto, di modo che al sopravvenire della piena cagionata dall'afflusso dei fiumi più alti quelli avrebbero di già smaltite le loro acque, e non aggiungerebbero nuova causa all'accrescimento della portata. Risulta da ciò quello che comunemente si osserva, che cioè le piene dei fiumi minori durano assai meno e sono assai più irregolari di quelle dei fiumi maggiori, servendo la moltiplicità degli influenti e la capacità dell'alveo quali regolatori della piena, tanto migliori quanto è maggiore il numero dei primi e la ampiezza dell'altra.

556. Anche le piene dei fiumi tendono verso uno stabilimento in altezza che, raggiuntolo, assai difficilmente può essere superato, e questo anche in casi così straordinarii ed eccezionali da non doverne fare conto soverchio. Infatti a determinate condizioni di elevazione, di esposizione, di estensione, qualità del terreno e coltura del bacino di un fiume corrispondono in medio le stesse condizioni meteorologiche le quali possono bensì variare dentro limiti assai larghi ma non possono a meno di non distribuirsi con una certa misura per cui, attemperandosi l'accrescimento di una causa col difetto di un'altra, ciascun fiume ha, come tutte le altre cose, il suo massimo stato che non può oltrepassare. Si aggiunga anche che quando l'altezza dell'acqua nel fiume è grande, siccome i quadrati delle portate seguono prossimamente la ragione dei cubi dell'altezze, così per accrescere di una piccola quantità l'altezza della piena occorre un'enorme quantità d'acqua, e se anche la portata variasse fra limiti molto larghi, ristretti sarebbero ancora quelli dell'altezza, per cui è tanto più vero che ogni fiume ha il suo termine d'altezza oltre il quale non passano le di lui piene maggiori. Egli è questo limite che deve essere superato dalle ripe e dagli argini del fiume acciocchè non succedano innondazioni.

557. Gli aumenti d'altezza sono forti in principio ma vanno successivamente attenuandosi e sono piccolissimi in fine quando la piena ha già raggiunta la sua altezza massima, altezza che ella mantiene per un certo tempo, durante il quale dicesi essere *in stanca;* poi diminuisce l'altezza, dapprima lentamente e di più in più celeremente coll'avvi-

cinarsi al suo termine. La ragione di questo stà nella legge ricordata di sopra che la portata cresce assai più celeremente dall'altezza, per cui quando l'altezza dell'acqua è già grande anche un grande accrescimento d'acqua non la fa crescere che di quantità assai piccola; a questo s'aggiunga l'allargarsi dell'alveo, e l'aumentata capacità del bacino, specialmente se il fiume sia provveduto di ampie golene.

558. Succede alcune volte che nei siti alti di un fiume venga una piena considerabile, la quale riesce invece assai moderata nelle parti inferiori; ciò ha luogo ogni qual volta la piena è fatta da soli fiumi influenti superiori, perchè sebbene per la ristrettezza dei loro alvei si formi in essi una sezione assai alta, arrivando ne' siti dell'alveo più dilatato, o non occupato in quel tempo dalle piene dei fiumi inferiori, è necessario che per la larghezza della sezione s'abbassi la superficie dell'acqua, e perciò non renda considerevole la piena.

E qui cade in acconcio appunto il considerare l'inflenza della capacità dell'alveo del fiume per moderare l'altezza della piena. Infatti una gran parte dell'acqua sopravvegnente và impiegata a riempiere la capacità dell'alveo, dal che riesce attenuata la copia dell'acqua progrediente in avanti; motivo per cui una piena misurata nelle parti superiori del fiume è molto maggiore di quello sia nelle parti più basse, e se queste si trovassero vuote, anche forse appena sarebbe capace di riempirle. A questo si aggiunga che la grande capacità vale a moderare anche l'altezza, perchè una data stagione non dà infine che una certa quantità di acqua, la quale se troverà alveo poco capace dovrà alzarsi maggiormente, e per la maggiore velocità che da ciò ne deriva la piena si farà di durata sì molto minore ma molto più intensa e pericolosa, e meno attiva eziandio alla finale sistemazione del letto. È forse anche questa una delle ragioni non ultime le quali consigliano la massima avvedutezza nel proporre alcuni raddrizzamenti dei fiumi dai quali la capacità dell'alveo riesca notabilmente diminuita.

559. Per la ragione del tempo occorrente al riempimento dell'alveo ed al suo vuotamento, se noi confrontiamo frà loro i profili contemporanei della piena vedremo la piena essere in principio alta nelle parti superiori e moderata nelle inferiori, e poi in sul finire alta invece inferiormente e moderata al di sopra, di modo che, se rappresentiamo mentalmente con una linea l'andamento del profilo, vedremo

questa linea, nel mentre và successivamente elevandosi, pendere in principio molto a valle e poi andare successivamente diminuendo di pendenza olevandosi al basso e sbassandosi di sopra, per cui le pendenze dei singoli tronchi mentre vanno crescendo al crescere della piena vanno invece diminuendo al suo decrescere, porgendo con ciò un sicuro carattere del suo aumentare o del suo calare; e quindi bene a ragione disse il Guglielmini che il segno della grandezza reale delle piene non si deve desumere dall'altezza sola dell'acqua ma bensì piuttosto dalla velocità ed inclinazione maggiore del pelo della medesima. Egli è ben inteso doversi eccettuare quei tratti in cui i rigonfiamenti sono dovuti o ad ostascoli speciali, o a sbocco di influenti ove l'inclinazione può crescere pol solo calare del recipiente.

560. In vicinanza alla foce, dove il fiume mette in mare, gli alzamenti sopra il pelo medio del fiume si vanno facendo tanto più piccoli quanto più si si accosta alla foce, e ciò perchè andando la cadente del pelo dell'acqua bassa ad unirsi colla superficio del mare, ed il simile dovendo fare la cadente del pelo della piena è necessario che la distanza di queste due linee concorrenti si faccia minore quanto più si avvicinano al punto del loro concorso. Per una certa lunghezza dell'alveo, a partire dalla foce e venendo all'insù, la cadente della piena, per l'alzarsi delle parti superiori, si fa dunque più grande quanto la piena è più alta, e quindi massima si fa pure in quel tratto la velocità dell'acqua e massima quindi la escavazione, la quale otterrà perciò il maggiore effetto che possa avore, quello cioè di spianare il letto e renderlo orizzontale per tutto quel tronoo, come appunto costantemente si osserva.

561. Fra i fenomeni della piena merita considerazione quello del così detto *ventre della piena*. Consiste il ventre di piena in un rigonfiamento per cui l'acqua in una parte dell'alveo si alza più cho non nelle parti superiori e nelle inferiori, presentando nel suo profilo una protuberanza simile a quella, come dice il Barattieri che primo avvertì il fenomeno, che si forma tirando a sè colle mani le due estremità di una verga flessibile che si curva in arco. Causa del ventre di piena è sempre il mutamento di pendenza del fondo, perchè, rallentata l'acqua inferiormente per la minore pendenza del fondo, deve alzarsi per guadagnare colla maggiore altezza la velocità necessaria, dal che nasce un rin-

gorgo superiore ed un alzamento che, per l'accordarsi che deve fare la superficie dell'acqua con quella superiore e inferiore, presenterà la forma appunto segnalizzata di sopra. Un ventre di piena può presentarsi ancora allo sbocco di un influente grosso e per l'ostacolo opposto al corso e per la copia dell'acqua aggiunta, ed un ventre di piena si presenta pure verso la foce per l'accordarsi della superficie dell'acqua del fiume con quella del mare.

562. Molti fiumi hanno delle escrescenze sregolate delle quali non si vede alcuna manifesta cagione, non che un rapporto fra le loro portate e le pioggie contemporanee di una singolare irregolarità. Marcatissimo fra questi sarebbe ad esempio il Tevere, pel quale il deflusso è massimo quando le pioggie sono minime, e che ad onta delle grandissime diversità dei bacini è fiume assai più perenne del Pò, dove tutto concorrerebbe a farlo fiume d'indole affatto torrentizia. Questi fatti non si possono spiegare se non ammettendo una alimentazione sotteranea, proveniente da vastissimi serbatoi sotterranei tramandanti le loro acque al fiume mediante sorgenti di lontana ed ignota origine. Per ciò il Tevere, e gli altri fiumi che sono in analoghe circostanze, sarebbe alimentato da due afflussi, l'uno superficiale del suo bacino, e questo di indole torrentizia, l'altro sotterraneo, e questo invece di indole lacuale. Nel Tevere il suo afflusso sotterraneo giungerebbe perfino ai tre quarti del suo afflusso totale.

563. Tra gli effetti delle piene quelli che meritano di essere particolarmente considerati sono le corrosioni delle ripe e degli argini, e le rotte dei medesimi.

Delle corrosioni si è già detto parlando dei vortici, solo è qui mestieri avvertire che nella piena, assai spesso, per la corrosione al piede della sponda viene tolto il sostegno alla terra, la quale cadendo pel proprio peso sul fondo viene qui portata via dall'acqua scorrente, se non che l'altezza dell'acqua porgendo un sostegno laterale tiene in qualche modo unite le parti, e perciò la ripa durante la piena si sostiene, ma dirupa al calare della medesima, nascendo la corrosione ed il danno quando meno si sarebbe per attenderlo.

Le corrosioni in un fiume incassato altro non fanno che renderlo sempre più tortuoso trasportando più alto o più basso il vertice della corrosione; ma ne' fiumi che abbisognano di argini sono causa delle rotte dei medesimi e delle susseguenti innondazioni. Sebbene la corrosione preceda la

rotta non è sempre causa della stessa, potendo concorrere a rovinare l'argine molte altre cagioni, come il sormontare dell'acqua sopra il ciglio dell'argine, il trapelamento attraverso lo stesso, la sua debolezza ecc. Per questa ragione gli effetti delle rotte o sono comuni a tutte le rotte, o speciali ad alcune secondo la diversità delle cause da cui essi provengono. Di questi effetti enumereremo qui i più considerevoli.

564. Ad una rotta consegue un scemarsi della piena nelle parti superiori ed un acceleramento dell'acqua, laddove invece nelle parti inferiori alla rotta il corso dell'acqua si rende più tardo. Infatti la rotta equivale ad un allargamento o ad una diramazione del fiume, e siccome ad un grosso efflusso consegue una grande chiamata, così la superficie si inflette e si accelera la velocità; inferiormente poi l'acqua si ritarda pel suo scemarsi, divertita al disopra per l'apertura della rotta.

Nasce da ciò che al disopra della rotta succede maggiore escavazione del fondo e maggiore corrosione delle ripe, laddove inferiormente nascono interrimenti e dossi pel moto reso più languido. Nel punto ove succede una rotta nasce dunque un'alterazione delle pendenze del letto, aumentandosi quella del tronco superiore e minuendosi quella dell'inferiore, con notabile peggioramento dell'alveo che, anche dopo chiusa la rotta, sussiste per qualche tempo e può esser causa di pericoli successivi.

565. Se la rotta è come si dice in cavamento, i suoi effetti potrebbero essere tali da far sì che non solo nelle parti inferiori si rallenti il corso dell'acqua, ma anche che possa rivoltarsi allo insù, e ciò principalmente se al disotto della rotta entrerà in vicinanza qualche fiume influente, le cui acque, può darsi il caso, che o tutte si portino a scaricarsi per la rotta, o si dividano scorrendo parte verso la rotta parte verso la foce. Così è succeduto al Panaro nella celebre rotta del Pò avvenuta nel duodecimo secolo alla Stellata e che diede origine al Pò attuale, perchè continuando le acque a scorrere per la rotta, finì il Panaro col mutare la cadente dell'alveo inclinandosi a rovescio.

566. Quando l'acqua delle piene sormonta gli argini e, scorrendo pel loro pendio esteriore, gli corrode e facilmente li rompe, allora si forma un gorgo a' piedi dell'argine aperto che impedisce il rifar l'argine nel luogo stesso, come anche succede quando il letto del fiume è superiore al piano delle

campagne; ma quando l'argine si rompe alla prima nel mezzo, allora il gorgo si forma più lontano dall'argine nella campagna; e se potesse darsi il caso che l'argine si rompesse senza alcuna caduta d'acqua, come negli argini di poca altezza e superiori al fondo del fiume, allora non si genererebbe gorgo veruno, spandendosi l'acqua quietamente per la campagna,

567. Chiuderò questi pochi cenni snlle piene dei fiumi con alcune avvertenze ed un voto. In primo luogo dirò essere assai difficile di valutare la portata di piena di un fiume usando delle note formole idrometriche, per la difficoltà di valutare l'elemento della pendenza anche in istato di stanca, e l'altro della sezione; e non doversi riputare che grossolanamente approssimata, e probabilmente sempre minore, quella dedotta dell'esperire la velocità dell'acqua, per l'incertezza dell'area della sezione, la quale dalla piena riesce certamente aumentata per riprendere poi le dimensioni di prima al calare della piena medesima. In secondo luogo dirò non potersi arguire dalla portata di piena in una sezione quella in un'altra sezione molto a valle della prima, perchè nel crescere della piena sarà maggiore dell'altra, e sarà invece minore nel decrescere della piena stessa; e non potersi che con una certa approssimazione arguire l'una dall'altra, e ciò solo mediante una perfetta conoscenza del regime di piena del fiume, locchè mi dà animo ad esporre un mio voto.

Il regime di piena di un fiume deve essere attentamente stndiato per tutti quei provvedimenti che occorre prendere all'uopo delle necessarie difese. Un tale studio deve comprendere le epoche nelle quali d'ordinario avvengono le piene; i loro limiti di altezza media e massima; la legge con cui la piena si propaga da nna in altra sezione; non chè finalmonte gli accidenti tutti che possono essere ingenerati dalle particolari condizioni dell'alveo. Nei pubblici ufficii si ha un immenso numero di materiali servibili all'uopo e basterebbe convenientemente coordinarli; egli è veramente doloroso che non siensi ancora posti a profitto e per norma di quelli ingegneri che giungono nuovi alla cnstodia di un fiume, e perchè potrebbero porgere lume a stabilire le leggi del moto vario dell'acqua negli alvei, cosa impossibile a farsi se non dopo lunga e consumata esperienza, le qnali leggi assai probabilmente variano da fiume a fiume. Se alcuno dei preposti a quelli ufficii volesse prendersi la cura di far questo, da-

rebbe opera a cosa sommamente meritoria e da doversi avere in gran conto.

Nota.

Nei varii problemi che l'ingegnero può essere chiamato a risolvere intorno ai fiumi importa moltissimo il conoscere le varie portate corrispondenti ai diversi stati del fiume che si considera, dalla sua massima magra alla sua massima piena: ora quanto si è dato più sopra ci mostra chiaramente, che queste portate dipendono troppo dalle circostanze speciali del fiume per poter credere che una medesima legge possa rappresentarle, non chè nei varii fiumi, ma anche solo nei varii tronchi di un fiume medesimo. Nè è guari sperabile che la formola la quale ci si presenta maggiormente opportuna a rappresentare il movimento dell'acqua per entro agli alvei regolari, e quando il moto è permanente, riesca applicabile alla stima delle portate dei fiumi, specialmente quando il loro moto è vario, nè gli è conceduto tempo sufficiente per raggiungere la condizione di permanenza, locchè assai spesso succede nel salire e discendere della piena. L'importanza dell'argomento ha suggerito però di cercare di accomodare una formola empirica la quale valga a dare la portata in funzione dell'altezza, almeno per un tronco determinato del fiume, dove si suppose che ad eguali variazioni dell'altezza corrispondano eguali variazioni della portata. Il Lombardini pel primo, almeno per quanto io mi sappia, tentò la ricerca di tali formole nella sua relazione intorno allo stato idrografico della Lombardia, relazione che fa parte delle Notizie Naturali e Civili su la Lombardia pubblicate nel 1844, e si valse delle stesse a calcolare la corrispondente scala dei deflussi. Il suo esempio venne seguito da altri, e ciascuna delle formole suggerite può essere abbastanza buona pel caso particolare pel quale fù costruita, ma difficilmente potrebbe adattarsi ad altri casi variando solo il valore dei coefficienti numerici. Generalmente tali formole esprimono la portata in funzione dell' altezza dell'acqna, solo elemento che nel salire del fiume verso la piena o nel discendere dalla stessa possa aversi con sicurezza; se non chè sorge qui un dubbio che cioè, la velocità media, e quindi la portata, essendo funzione non solo dell'altezza dell'acqua ma eziandio della pendenza in superficie, l'am-

mettere che la portata sia unicamente funzione dell'altezza è ammettere che anche la pendenza in superficie sia sempre e solo funzione dell'altezza medosima; ora questo non è certamente quando i fiumi salgono verso la piena e discendono dalla stessa, attesochè i due stati sono appunto caratterizzati da ciò che nel primo caso le pendenze sono maggiori della normale, o sono invece minori nel secondo, di modo chè ad una medesima altezza dell'acqua corrisponderebbe differente portata secondo chè succede o l'uno o l'altro dei due casi accennati, nè è sperabile che nei grossi stati del fiume siagli conceduto tempo sufficiente per porsi in istato di permanenza. Qualunque peso possa aver questo dubbio egli sarebbe però sempre utilissima cosa che gli ingegneri incaricati della sorveglianza dei nostri fiumi dessero opera a costruirsi di queste formole, e per ciò raccomando agli stessi lo studio della memoria del chiarissimo Prof. Brioschi « sulle formole empiriche per le portate dei fiumi » pubblicata dallo stesso nei fascicoli di Dicembre 1866 e successivi del giornale il Politecnico, parte tecnica, dove troveranno raccolte le formole suggerite a quest'uopo, e che è quanto di meglio siasi fatto fin'ora in questo genere di delicate e difficili osservazioni. Per me mi accontenterò quì di dare la formola proposta dal Possenti pel calcolo dei deflussi del Po nel tronco frà Pontelagoscuro e S. Maria Maddalena perchè, a differenza delle altre, esprime la velocità media in funzione dell'altezza, e discenderebbe dalla nostra formola generale ammettendo che la pendenza in superficie variasse proporzionatamente alla radice dell'altezza, ma più per l'importanza della formola che si riporta al maggiore dei nostri fiumi. Espressa con U la velocità media e con a l'altezza dell'acqua sul fondo sarebbe

$$U = 0,25 \, . \, a^{\frac{3}{4}}$$

Cap. XI. — Dello sbocco di un fiume in un altro; dell'unione di più fiumi e degli effetti che ne conseguono.

568. Quando un fiume entra in un altro l'acqua dell'influente, incontrando obliquamente quella del recipiente, respinge questa obbligandola a stringersi all'opposta ripa, nel mentre che l'acqua del recipiente spingendo l'altra obbliga l'influente a rasentare colla propria acqua la propria sponda,

mantenendosi così le due acque per un certo tratto separate ciascuna lungo la sponda propria, e non finiscono a confondersi che a molta distanza, e ciò pei moti discordanti che ne promovono l'unione finale. Ciò è dimostrato chiaramente anche dalla semplice ispezione ad occhio ogni qualvolta le torbide dei due fiumi abbiano differente colore, ed è fatto noto ai nuotatori, che si tengono sempre nella corrente più calda, quando sieno differenti le temperature dell'acque dei due fiumi. Analogamente avviene lo sbocco di un fiume in mare, esso colla sua corrente divide l'acqua del mare e si apre dentro alla stessa, in qualche modo, un alveo liquido conservando per lungo tratto una certa velocità, come è dimostrato dalla striscia marcata dalla torbida sopra la superficie del mare, striscia che si estende qualche volta a distanza grandissima e più di quanto si potrebbe a primo tratto ritenere. Io ho veduto più d'una volta sul nativo mio lago di Garda la striscia segnata dalla torbida del Sarca prolungarsi per oltre quindici miglia, segno manifesto d'aver l'acqua torbida del Sarca conservata fino a quella distanza una qualche velocità dentro l'alveo liquido apertosi nell'acqua del lago, nettamente segnato dalla striscia medesima.

569. Quando un fiume mette in un altro, se i due fiumi corrono torbidi o il loro fondo sia succettibile di corrosione, al punto di congiungimento il letto dei due fiumi si pone allo stesso livello, ossia, come si dice, il letto dall'influente si spiana su quello del recipiente. Infatti se il letto di questo avesse a riescire più alto l'acqua dell'influente, trattenuta a monte, non potrebbe a meno di non interrire, e ciò fino a che avendo posto il livello del suo fondo pari a quello del fondo del recipiente, e intestate al punto di unione le proprie pendenze, non sia idonea e versare tutta la propria torbida. Che se invece fosse più basso allora l'acqua dell'influente entrerebbe con caduta, e succedendo per la caduta una chiamata di sbocco, e per la chiamata di sbocco un'accelerazione dell'acqua, questa corroderebbe il suo fondo, e questo fino a che sussista la causa della accelerazione, ossia la supposta differenza dei due fondi.

570. Nei fiumi che vestono indole torrentizia, e maggiormente nei torrenti, può succedere temporariamente un salto dal letto dell'influente a quello del recipiente, scomparire e riprodursi anche a varie riprese con perennità di fenomeno; ciò succede quando la piena dell'influente pre-

ceda quella del recipiente, e questa sia molto maggiore, perchè trovando l'influente vuoto l'alveo del recipiente lo interra al suo sbocco, coordinando il livello di questo a quello del recipiente, ma cessata la sua piena e sopraggiungendo quella del recipiente questa sgombra dai depositi il letto di questo, ma quello del recipiente resta all'altezza che aveva raggiunta, perchè per l'alveo suo l'acqua rigurgita, rimane stagnante o acquista piccola velocità, occorrendo un certo tempo al riempimento dell'alveo e cessando intanto la piena del recipiente, ed è inetta poi a scavare il fondo, almeno fino a condurlo a spianarsi sul fondo del recipiente. Il fenomeno compare in proporzioni più o meno grandi, ed alcune volte anche non compare del tutto, a seconda delle variabilissime circostanze delle due piene.

Ad onta di ciò in ogni operazione di sistemazione nella quale occorra di stimare il punto di partenza dell'alveo di un influente bisognerà intestarlo sempre al letto del recipiente, e condurre da quel punto allo insù le pendenze di questo.

571. Sempre supponendo le sponde suscettibili di corrosione, le foci dei fiumi influenti devono secondare colla direzione dell'ultimo tronco del loro alveo il filone del fiume recipiente. Imperocchè venendo la corrente dell'influente respinta verso la sponda a valle del recipiente dal conato di questo la forza di corrosione sulla sponda medesima si farà maggiore, laddove verso la sponda opposta, nell'angolo di incontro delle due correnti, succederà un molente e quindi avranno qui luogo dei depositi; dal chè nascerà che inoltrandosi questa sponda e spostandosi quella a valle lo sbocco piegherà nel senso del moto del recipiente o si stabilirà in questa direzione, aiutato principalmente dai vortici, che nascono dall'incontro delle due correnti, i quali tenendo più libero il letto richiameranno verso la sponda stessa il filone del recipiente.

Bensì non è infrequente il caso che nella linea di separazione delle due acque, nell'alveo del recipiente, succedano dei depositi e dei dossi che tengono come in qualche modo viemaggiormente separate le due correnti, e difficultano il passaggio dall'una nell'altra, il quale non si stabilisce intero se non chè a valle e ad una certa distanza.

572. Questa tendenza delle acque a riunirsi in corpo di più in più grande è una provvida legge di natura, della quale è facile scorgere la ragione. La riunione dei piccoli

rivi in torrentelli e di questi in torrenti maggiori fra le montagne e una necessità dovuta alla conformazione delle montagne stesse, che colle direzioni delle loro vallate determinano appunto queste successive riunioni; ma quando le acque si abboccano alle pianure sottoposte, che devono attraversare per giungere al mare, allora l'unione loro è un'immediata conseguenza delle leggi che abbiamo cercato di mettere in evidenza nei capitoli precedenti. Le pianure attra versate dalle acque sono pressochè tutte pianure di alluvione che le acque stesse si andarono formando, e che hanno quindi la pendenza corrispondente alle rispettive acque cui devono la loro origine. In tale condizione di cose le acque che si trovarono a correre in maggior copia in una data direzione si formarono una pianura con pendenza minore di quelle dovute a quei corsi d'acqua pei quali la copia dell'acqua era minore; per ciò trovandosi queste, per la maggiore pendenza, più elevate, le acque loro tendono a portarsi al basso verso la pianura più depressa, e quindi a riunirsi al corpo d'acqua maggiore, al quale si uniranno se sarà loro lasciato uno sviluppo abbastanza grande. Per ciò appunto vediamo che i fiumi sono tanto più copiosi di acqua quanto più lungo è il loro corso.

573. Abbiamo detto che nell'unione dei fiumi sta una provvida legge di natura, ed è ora mestieri che giustifichiamo ciò coll'analizzare in primo luogo i vantaggi che conseguono da questa unione; questi vantaggi discendono chiari dalle osservazioni seguenti.

1. Le larghezze e le sezioni dei fiumi riuniti dopo la confluenza saranno minori della somma delle larghezze e delle sezioni dei fiumi disuniti.

Egli è evidente infatti che, corrispondendo a maggior copia d'acqua maggior forza di escavazione e minore interrimento, e avendo anche allora l'acqua, per la maggiore altezza, maggiore velocità, ad una stessa portata corrisponderà una minore sezione, la quale essendo per soprappiù più profonda avrà anche una larghezza sensibilmente minore.

Discende da ciò che nell'unione dei fiumi la natura risparmia superficie di terreno occupata dalle acque.

Il Genetè aveva esagerata una tale conseguenza, poggiando la sua teoria sopra fatti specialissimi e racchiusi fra limiti soverchiamente ristretti; ma forse l'eccesso e la passione della parte contraria avrà fatto incorrere l'autore nell'eccesso opposto.

Questa prima conseguenza è poi sempre pienamente confirmata dall'esperienza; misurando le sezioni di due fiumi prima della confluenza e la sezione comune dopo avvenuta la confluenza si trova sempre quest'ultima minore della somma delle altre due

574. 2.° I fiumi riuniti profondano l'alveo maggiormente di quello che farebbero correndo disuniti, o ciò per doppia ragione; primo, perchè a maggior copia d'acqua corrispondono cadenti minori, supposto il fondo della stessa natura come quì si ammette, e; secondo, perchè la foce si profonda, e quindi le pendenze si intestano a punto più basso. Così pure.

3.° Non solo si profonderà e sbasserà il fondo del fiume riunito, ma si sbasseranno anche gli alvei di tutti i suoi influenti; imperocchè qualunque profondamento dell'alveo del recipiente trascina con se un profondamento dell'alveo de' suoi influenti.

575. Queste due ultime conseguenze potrebbero patire per altro alcune eccezioni. Potrebbe infatti succedere che lo sbassamento dell'alveo del recipiente al punto di confluenza di un influente, e lo sbassamento quindi dello sbocco dell'influente stesso, facesse sì che questo versasse nell'alveo materia più pesante di prima, perchè allora il recipiente sarebbe forzato a subire una tortuosità ed un prolungamento di linea, prolungando la linea dell'influente; allora superiormente alla confluenza nulla sarebbe mutato rapporto alle pendenze e alla profondità dell'alveo, e gli accennati vantaggi non si estenderebbero che lungo l'alveo inferiormente al punto di confluenza ma nulla più.

Così pure potrebbe succedere che questi vantaggi non si avessero che pel fiume recipiente, ma che invece l'influente ricevesse dal fatto di sboccare in quel fiume un reale nocumento. Questo succederebbe se l'influente stesso avesse vicino uno sbocco in mare ove potesse far foce isolato, e che unito al primo andasse invece a sboccare in un punto notabilmente distante. In questo caso i vantaggi sussisterebbero bensì pel fiume recipiente, ma il fiume influente si troverebbe forzato dall'unione ad elevare il proprio letto, e quindi si terrebbe ad un livello più alto rapporto alle circostanti campagne.

576. 4. La cadente della superficie libera del fiume unito sarà più piccola di quella dei fiumi disuniti, e questo perchè: primo, nei fiumi uniti diminuendosi le cadenti, e quindi

sbassandosi il fondo, nei siti omologhi si troverà il fondo più passo, e quindi anche più basso il pelo dell'acqua; e secondo, perchè la larghezza del fiume riunito essendo maggiore delle larghezze in particolare di ciascuno dei fiumi disuniti un tale allargamento torna in diminuzione della pendenza della superficie libera.

577. Si può assai ragionovolmento dubitare se sia vero che al siouro sbassamento del fondo che conseguita all'unione di due fiumi si accompagni pure uno sbassameuto della superficie libera nei siti ugualmente distanti dallo sbocco, perchè, quantunque sia vero che il fondo in detti siti sia certamente più basso, pure può succedere che l'aumento delle acque sia tanto che richieda un'altezza maggiore di quella che corrispondo allo sbassamento dell'alveo. Perchè il livello dell'acqua si avesse a sbassare anch'esso sul primitivo sarebbe mestieri che lo sbassamento del fondo fosse maggiore di quell'alzamento che è generato dall'aggiunta dell'acqua; ora questo non pare gran fatto credibile, e molti idraulici, anche il Paleocapa, non sembra diffatto che ne sieno convinti, conchiudendo quest'ultimo nella sua memoria intorno ad una del commendatore Manetti sulla sistemazione stabile di Val di Cbiana, che un rigonfiamento avverrà pur sempre. Il Guglielmini però sarebbe di contrario avviso, dicendo che non potrebbe il livello mantenersi più alto se non quando il fondo e le sponde fossero molto resistenti e quindi là dove si prestassero assai difficilmente alla escavazione, il che succederà forse in qualcbe caso, ma che dall'esperienza è dimostrato che generalmente negli alvei fatti di terra più può per escavare il fondo una piccola velocità aggiunta di quello sia la copia dell'acqua influente per elevare la superficie dell'acqua; e cbe, quindi, sebbene l'abbondanza dell'acqua faccia crescere l'altezza della sezione, l'abbassamento del fondo supera generalmente il suo effetto, e le piene restano più basse nei fiumi riuniti. Se debbo dire il mio sentimento io propenderei verso l'opinione del Guglielmini, al cbe fare mi porterebbero moltissimi esempi, fra i quali quello stesso del Lamone citato dal Guglielmini, e quello presentatosi dall'Adige dopo avvenuta la stabile cbiusura del Castagnaro. Non negherò che in qualcbe caso ciò potrebbe non verificarsi ma riterrei questi casi doversi considerare soltanto come eccezioni delle quali in ogni caso si potrà anche scoprire la causa.

Ritenuto dunque che, generalmente parlando, il livello

della superficie libera dell' acqua nei fiumi riuniti si tenga più basso che nei solitari, all'unione dei fiumi conseguiterà anche il vantaggo seguente.

578. 5. Le campagne potranno avere nei fiumi maggiori quello scolo che è loro negato nei minori, perchè shassandosi la piena del fiume unito si faranno più basse anche quelle dei confluenti, e quindi quelle campagne che non poterono prima avere scolo nei detti fiumi potranno averlo dopo vorificatasi la loro confluenza.

579. Sembra che i vantaggi prodotti dall'unione di più corsi di acqua non sia sfuggita ai nostri idraulici anche in epoche assai remote. All'epoca Romana la Lomhardia, nei contorni di Piacenza, era piena di molteplici rami del Pò e dei suoi influenti che la tenevano ripiena di paludi, quando Emilio Scauro, riducendoli tntti in un sol tronco, bonificò quel paese, e lo rendette abitabile. Ecco le parole colle quali Strabone rende conto di questo fatto: « Una gran parte (di quel paose) interposta al Pò era dominata da paduli, per le quali a sommo stento potè Annibale aprirsi il varco alla Toscana. Del resto, Scauro, col dedurre alcune fosse del Pò fino all'agro Parmense a comodo della navigazione, liberò quei campi dalle paludi ».

580. Non è però a negarsi che all'unione dei fiumi non tengano dietro pure alcuni discapiti. Senza parlare di quelli che nascono dalla differente loro indole e natura, dei quali diremo in appresso, riporteremo qui quei soli che sono inerenti alla maggior copia dell'acqua; essi si possono ridurre ai seguenti:

1. I fiumi uniti hanno le tortuosità più grandi, e se prendono a corrodere una sponda la difesa di questa è molto più malagevole;

2. Accadendo una rotta negli argini di un grosso fiume i danni che ne conseguono sono notabilmente maggiori;

3. La chiusa di queste rotte è più difficile e richiede un dispendio sensibile.

Però, bene bilanciando, è facilo lo scorgere che i vantaggi superano di lunga mano, e che gli accennati svantaggi non sono poi così grandi come si presenterebbero considerandoli isolatamente e non facendo conto della maggiore facilità delle rotte nei fiumi disuniti per la loro maggiore elevazione; del maggior numero di argini che si richiedono, e delle maggiori cure che domandano la loro conservazione e difesa.

581. I bnoni effetti che risultano dall'unione di due fiumi non si verificano però con sicurezza che nel caso in cui i due fiumi abbiano indole uguale, cioè piene pressochè contemporanee, e versino al punto di confluenza materie uguali o ugualmente asportabili. Quando queste condizioni non sieno soddisfatte allora i detti vantaggi possono attenuarsi, scomparire del tutto ed anche mutarsi in reali e permanenti svantaggi. In ogni caso il fiume, diroi quasi, dominatore sarà quello della maggiore portata e d'indole la più regolare, servendo esso quasi di regolatore del sistema, e ciò tanto più quanto la sua portata sarà grande in confronto a quella dei suoi influenti e più regolare il suo regimo di piena, dipendendo principalmente da questa la sistemazione e la legge che lega fra loro le successive pendenze. Nei fiumi torrentizi per la irregolarità delle piene o la loro corta durata, qnando vengano a confluire insieme, prevalgono le cause secondarie, le quali danno origine a frequenti perturbazioni che, per la mancanza di un opportuno volante, tendono a perpetuarsi e a determinare pendenze anormali d'onde una pendenza media maggiore, e quindi un alzamento del letto, ed è già molto se l'alveo del fiume unito si mantiene l'alveo del maggiore dei fiumi confluenti. Egli è assai difficile di poter prevedere le conseguenze dell'unione di fiumi di indole assai differente, e non si può ragionevolmente proporre se non allora che l'uno soverchi tanto l'altro da servire di sicuro regolatore del sistema, negli altri casi ciò non potrà farsi che con grande prudenza, e sempre dopo uno studio accuratissimo delle particolari circostanze dei fiumi, avvalorato da esempi consimili.

Capo XII. — Delle operazioni di sistemazione dei fiumi, e delle principali loro regole e norme.

582. Fino dai tempi più remoti l'uomo, cui il bisogno dell'acqua obbligò a prendere le sue stanze in prossimità dei torrenti o dei fiumi, si vidde costretto immaginare o costruire opportune opere di difesa per togliere alla irrompente foga dei primi ed alle devastatrici inondazioni dei secondi quel terreno sul quale aveva alzata la propria capanna e profuso il proprio sudore conducendolo a stabile coltivazione. Col progredire del tempo, dei bisogni e della pratica idraulica quelle difese vennero maggiormente estese, condotte con arte maggiore, e coordinate a particalare si-

stema, di modo che è quasi impossibile, almeno presso di noi, di trovare un torrente od un fiume sul quale l'arte non siasi congiunta colla natura nel dare allo stesso l'attuale sua sistemazione. Ella è dunquo pressochè artificiale l'attuale sistemazione dei nostri fiumi, il che non toglie che ella non sia in molti casi una buona sistemazione, quantunque richieda di continuo l'azione dell'arte per essere mantenuta. Sebbene forse potrebbe parere estraneo al soggetto di questi cenni l'entrare in qualche dettaglio intorno alle operazioni che si praticano sopra dei fiumi, potendo parere ciò ufficio speciale della così detta architettura idraulica, pure vorrei sperare che l'importanza della cosa mi facesse perdonare l'introduzione di questo capo, nel quale cercherò di accennare brevemente quelle norme fondamentali che devono essere seguite nel procacciare di dare ad un fiume quella sistemazione artificiale che sia più consentanea alle regole idrauliche, che naturalmente discendono dai principii fondamentali che mi sono studiato di porre in chiara luce nei capitoli precedenti.

583. E in primo luogo è mestieri fissare la massima che qualunque corrente può benissimo prendere una sistemazione in parte ed anche in tutto artificiale, dappoichè qualunque corrente si mantiene inalterata una volta che il suo fondo e le sue sponde sieno così accomodate da opporre dovunque eguale resistenza alla forza di corrosione dell'acqua, e la legge delle suo pendenze sia tale da consumare e smaltire in nu dato periodo tutta la materia che nel periodo stesso vi recano dentro le correnti sue tribntarie; e ciò tanto se all'adempimento di queste condizioni sia essa pervenuta naturalmente, quanto se invece vi sia stata condotta dall'arte. Dappoichè una sistemazione artificiale è possibile, tntto è condotto a vedere a quali condizioni debba poi soddisfare nna tale sistemazione per riescire veramente utile ed adottabile. Ora è assai facile lo scorgere che sarà necessario che una tale sistemazione abbia tutti i caratteri di permanente stabilità; che oltre esser tale che la piena non incuta soverchio timore procuri anche di poter trarre il massimo utile dalle acquo di magra; che il dispendio occorrente per la sua manutenzione non ecceda quella ragionevole misura che stia in equo rapporto coi beneficii recati; che finalmete non abbia a riescire troppo difficile e dispendioso il recare pronto rimedio a quegli inconvenienti che accidentalmente

potrebbero presentarsi nel caso di straordinario piene, o di eventuali disastri.

584. Le condizioni poste sono così evidenti per sè che non richiedono particolari dilucidazioni, bensì ve ne ha una sulla quale chiedo mi si permetta di soffermarmi alcun poco. Si è detto che la sistemazione deve procurare che si tragga dalle acque di magra il massimo possibile vantaggio, sonza che per ciò i pericoli di piena si faccian soverchi; ora io credo che non sempre siasi dato ad una tale condizione il debito peso, quando anche alcuna fiata non sia stata dimenticata del tutto. Goneralmente si si è preoccupati troppo della piena, e per tener questa molto bassa rapporto ai circostanti terreni si è trascnrato soverchiamente il regime di magra del fiume; si è tranquillizzato l'animo intorno ai pericoli di piena, ma si è tolta la navigazione e l'irrigazione, o almeno si sono rese, se non impossibili, eccessivamente difficili. Io non negherò che non si debba dare alla piena tutto il peso che essa veramente merita, ma mi permetterò di osservare che nna qnalche altezza maggiore della piena si può tonere assai facilmente con buoni argini e renderla del tutto innocua, laddove riesce assai difficile rimediare alle catfive condizioni della magra, e che gli utili che si possono trarre dall'utilizzare convenientemente le acque di magra sarebbero di lunga mano maggiori del dispendio necessario per trattenere alcuni centimetri di più della piena.

585. Della magra puossi nsare principalmente allo scopo di avere una grande quantità di lavoro, e quindi allo scopo di moltiplicare le industrie, perchè lo stato di magra del fiume è l'unico stato in cui esso sia, dirò così, maneggiabile, è l'unico stato in cui possa riescirci un servitore obbediente invece di un indocile avversario. Ora per potersi va'er della magra ad ottenere un certo lavoro, è mestieri tenerla convenientemente alta per avere una caduta conveniente; ma imbrigliando la magra, quando per lo stesso alveo dovesse correre pure la piena, si impiglierebbe questa per modo da renderla soverchiante e pericolosa. Non è possibile dunque, nella maggior parte dei casi, trarre dalla magra tutto il vantaggio sperabile se non dando al fiume due alvei, l'uno ordinato a condurre e ntilizzare la msgra, l'altro a scaricaro la piena. Non voglio già dire essere necessario fare due alvei por tutto il corso del fiume, basterà in quei tronchi dove una caduta conveniente ci rende pos-

sibile utilizzare l'acqua scorrente, e allora l'alveo ordinario del fiume potrà servire per alveo di piena, e basterà condurre parallelamente allo stesso l'alveo di magra, che si congiungerà inferiormente col primo a tale distanza da non patire interruzioni e danni dai rigurgiti; locchè sarà reso facile tutte le volte che si possa disporre di molta caduta.

586. Qualunque sistemazione poi deve informarsi a questo precetto fondamentale che una corrente qualunque è tanto migliore quanto è più regolare il regime delle sue acque, e che il tipo di perfezione sarebbe quella corrente la quale conservasse perennemente la stessa portata e la medesima torbida. Discende da ciò che scopo precipuo di ogni sistemazione deve esser quello di rendere il regime del fiume il più regolare possibile, e che si va contro ad ogni buon principio idraulico quando nelle operazioni che si intraprendono si altera un tal regime, aumentando per esempio la piena e diminuendo quindi la magra, accelerando l'afflusso dell'acqua dai tronchi superiori negli inferiori, principalmente se questi non sono ancora apparecchiati a riceverla; alterando il rapporto di portata e di torbida, ecc. ecc.

587. In secondo luogo una corrente esige tanto minore pendenza, e tiene quindi il suo fondo relativamente meno elevato, quanto l'acqua è più chiara; donde discende che vi ha sempre vantaggio a diminuire l'afflusso delle materie, ed a regolarizzarlo quanto è più possibile; e quindi che qualunque sistemazione di torrenti deve cominciare dall'alto e procedere verso il basso, essendo ridicolo l'infrenare la materia al basso quando vi si lascia irrefrenata pervenire dall'alto, e riescendo impossibile provvedere al suo scarico se prima non si provvede dall'alto al suo afflusso. Per questa ultima ragione invece i fiumi devono sistemarsi dal basso all'alto, essendo necessario di provvedere allo scarico dell'acqua e della materia prima di condurvela. Se si fosse pensato a ciò nei nostri fiumi e nei nostri torrenti quante disillusioni non si sarebbero risparmiate?

588. Passando da queste idee generali a qualche cosa di dettaglio diremo in primo luogo della sistemazione dei torrenti. Abbiam già detto di distinguersi nei torrenti l'alveo di formazione, l'alveo di scarico, e l'alveo o il cono di dejezione; l'afflusso dell'acqua e della materia succede nel primo, il loro scarico nel secondo, nel terzo succede il deposito della materia, donde viene successivamente levata dal-

22

l'acqua affluente e trascinata nell'alveo del fiume recipiente, lungo il cui letto prosegue poi il suo corso. Il regime di piena dei torrenti è assai irregolare, e tanto è peggiore i torrente quanto più irregolare appunto è il suo regime. Studio della sistemazione dei torrenti è quello di rendere il meno irregolare possibile il loro regime di piena; attenuare il più possibilmente il franamento delle materie nel bacino e nell'alveo di formazione; rendere il più ampio possibile lo spazio occupato dal cono di dejezione, allo scopo che la materia versata quì dal torrente trovi un'ampia estensione sulla quale potersi distendere, e aver tempo di subire l'azione dissolvente delle meteore, dalla quale attenuata, insieme all'azione dell'acqua pel suo ruzzolamento o pegli urti reciproci, poter giungere al fiume e in minor quantità e in tale stato da riescire più facilmente asportabile. Tutte le operazioni che si possono praticare sopra i torrenti devono tendere a raggiungere questi tre scopi, e dovranno assolutamente rigettarsi tutte quelle le quali controoperano alli stessi, come sarebbero i raddrizzamenti dell'alveo, il suo arginamento nel cono di dejezione ecc., i quali rendono più irregolare e affluente la piena, e accumulano soverchiamente la materia asportata, spingendola in avanti e in maggior copia ed in dimensioni più grandi, dovendo guadagnare in lunghezza tutto quello che si perde in ampiezza.

589. Il migliore sistema per regolarizzare la portata ed attenuare l'afflusso della materia nel bacino e nell'alveo di formazione del torrente è quello delle serre che trattengono acqua e materia, e mentre obbligano la prima a concorrere in tempo più lungo nell'alveo comune diminuiscono la quantità della materia, impedendo principalmente la dissoluzione e il franamento delle scoscese pendici che fiancheggiano i mille rigagnoli che solcano il detto bacino. Il sistema delle serre può essere però applicato in doppia maniera: cioè si possono costruire alcune grandi e poderose serre allo sbocco dei principali torrentelli affluenti; oppure si possono costruire numerosissime serre, in piccole dimensioni, per entro a tutte le piccole gole, cercando di moltiplicarne l'efficacia col promovere l'imboscamento delle pendici, tutto al più congiungendo alle stesse qualche mediocre serra nei luoghi i più opportuni, e là dove presentino maggiore efficacia o minore pericolo.

590. Sebbene il sistema delle grandi serre sia stato proposto e propugnato anche da idraulici pratici di chiara

fama pure io non dubito punto a preferirvi le piccole e numerose serre, imbriglianti tutti i numerosi rigagnoli che in mille direzioni solcano le pendici e le scoscese coste montane del bacino di formazione. Ho già detto superiormente che io non credo all'efficacia delle serre per trattenere le ghiaje nelle parti superiori dell'alveo, le serre sono un potente mezzo per impedire la escavazione e non più; discende da ciò che le grandi serre non possono che temporariamente trattenere la materia franata nell'ima valle, perchè, riempinto lo spazio a monte della serra, la nuova materia scorrerà sopra la precedente senza ostacolo e nella copia di prima, laddove la quantità della materia è efficacemente diminuita dalle piccole serre, che impediscono l'escavazione e il logoramento del bacino di formazione. A questo si aggiunga non esser facile trovare tali località ove collocando uno grande serra si formi a monte un bacino molto ampio da poter servire di utile serbatojo d'acqua e quindi di valevole moderatore dell'affusso dell'acqua e della piena, laddove le molteplici piccole serre, se anche ogn'una non trattiene che una piccola quantità di acqua, tutte insieme ne trattengono una gran copia, e formano un potente volante pel regime dell'acqua, la quale discenderà più lenta e trascinerà seco meno materia. Aggiungerò ancora che è difficile intestare una grande serra così da dare alla stessa una grande stabilità e che sono incalcolabili i danni provenienti dal precipitare di una potente serra, laddove pochi pali di legno ed alcuni grossi sassi bastano a costruire le altre, e se anche l'una precipita gli inconvenienti sono leggerissimi e assai presto rimediabili. Non negherò che il sistema delle piccole e numerose serre esigerà, in principio almeno, molte cure per la loro manutenzione, ma queste cure andranno diminuendo col tempo, per l'imboscamento che esse facilitano, o d'altra parte una manutenzione è anche richiesta dalle grandi serre, e forse anche più dispendiosa.

591. A chi ha veduto il bacino di formazione di alcuni dei nostri torrenti, dal disboscamento, ridotto in uno stato spaventoso di dissoluzione, riescirà ancora più evidente la preferenza da darsi alle numerose serre, imperocchè discesa la materia, ormai scomposta, è impossibile il trattenerla, la superficie nuda che si esporrà in seguito all'azione dissolvente delle meteore e dell'acqua ben presto si ridurrà allo stato della superficie attuale, nè ad impedire questo pro-

gressivo deterioramento possono certamente valere le serre poste all'imboccatura delle vallate, perchè bisognerebbe elevarle ad altezze impossibili ad essere raggiunte, bisognerebbe opporre quasi un monte stabile e incorrodibile a trattenere un'altro monte il quale va successivamente disfacendosi; se la bisogna può essere raggiunta dal sistema delle molteplici serre sparse per tutto il bacino, o collocate a luogo opportuno, si potrà nutrire una qualche speranza di fortunato esito finale, altrimenti bisognerebbe abbandonare qualunque idea di possibile sistemazione. Con un tale sistema di serre sarà possibile di ottenere l'imboscamento, ed anzi saranno rese necessarie, se si vorrà dare in principio un qualche sostegno alle giovani piante, e quando si dice procurate l'imboscamento si dice implicitamente adottate il sistema delle numerose serre, unico, a mio avviso, che possa raggiungere lo scopo. Non voglio già con ciò negare che non si debbano anche costruire delle mediocri serre allo sbocco di alcune vallate, e là principalmente dove siavi possibilità di dare all'acqua superiormente un bacino abbastanza esteso, ma nego la convenienza delle serre potenti che sono troppo facilmente proposte e nelle quali si spreca un'immensa somma di danaro senza ottenere un conveniente profitto.

592. Se non vi sia lo scopo di dare vasti bacini di riunione all'acqua nessuna serra sarà conveniente di porre nell'alveo di scarico, perchè in quell'alveo non vi ha escavazione, e perchè la materia, che non fa che passarvi, vi passerebbe egualmente quand'anche si volesse imbrigliarla colle serre. Così pure nel cono di dejezione, o nel bacino di deposito, converrà guardarsi bene dall'opporre all'acqua ostacoli o dal restringere il detto bacino, ma vi sarà vantaggio ad estenderlo quanto più si può e a permettere all'acqua di vagare liberamente per entro al medesimo. Dove il torrente porta ancora grossa materia, non si può dire che egli abbia mai un alveo di conveniente larghezza; se lo stringete fra argini, oltre alla difficoltà di mantenerli, l'alveo riescirà sempre troppo ristretto, e il precipitato arginamento dei torrenti là dove appena appena principia il loro cono di dejezione è una delle principali cagioni dei guasti e dei pericoli al quale sono continuamente esposti i terreni inferiori; bisogna abbandonare al torrente qualche cosa se si vuole salvare il più, e senza questo, qualunque provvedimento riescirà irrito e nullo.

593. Meno malagevole riesce la sistemazione dei fiumi, e ciò tanto più quanto meglio saranno sistemati i torrenti dai quali essi traggono la loro origine.

Le sistemazioni dei fiumi sono o *parziali* in alcuni dei loro tronchi soltanto, e queste si fanno mediante i così detti *tagli*; oppure *generali* conducendo il fiume fino a mutare il suo sbocco, e queste si fanno mediante lo così dette *nuove inalveazioni*; queste ultime poi possono essere, o *semplici* quando non si fa che mutar corso al fiume, che anche nel nuovo alveo rimane quello stesso che era prima; oppure *composte* quando si mutano le sue condizioni col congiungerlo ad altre correnti, con che si viene in qualche modo a creare un nuovo fiume notabilmente diverso dal primo.

In ogni caso prima di imprendere qualunque sistemazione è mestieri di studiare attentamente le cause dalle quali dipendono i difetti della sistemazione attuale, decifrarne con ogni studio la loro natura, meditare i mezzi di toglierle, e vedere se quelli proposti dalle operazioni suggerite tornano veramente opportuni, nel qual ultimo caso soltanto si potrà effettivamente proporre la nuova sistemazione, e metterla in atto.

594. Dicesi *taglio* quella operazione per cui si muta una parte dell'alveo senza mutare lo sbocco del fiume. D'ordinario i tagli si praticano a fine di allontanare il fiume da un qualche sito al quale pregiudica colle sue corrosioni, oppure di avvicinarlo ad altri ai quali deve servire di difesa; allo scopo di procurare un raddrizzamento d'alveo in un fiume pensile o di poco depresso sotto il naturale livello del terreno, e ciò per dare allo stesso un profondamento maggiore; si intraprendono alcuna volta anche per abbreviare una linea di navigazione eccessivamente lunga, ecc. Nel proporre un taglio è sempre mestieri di molta prudenza e avvedutezza, giacchè assai spesso i tagli sono assai più nocivi che utili, e raccomando caldamente di andar molto cauti nell'adottarli, e di meditare quanto abbiamo detto al capo VI intorno alle tortuosità dei fiumi, non dovendosi mai fare raddrizzamenti là dove essi contrarino troppo la natura del fiume o le condizioni de'suoi influenti.

595. Qualora un taglio sia conciliabile colla natura e colle condizioni del fiume allorà perchè esso abbia esito sicuro è necessario: primo, che la via del taglio sia più breve di quella che, dal punto dove incomincia a quello dove termina, è fatta dal corso del fiume, perchè mantenendosi nel

taglio la pendenza di prima col raccorciare la linea è diminuita la caduta totale e procurato lo sbassamento dell'alveo superiore. In secondo luogo è necessario che il filone superiore del fiume sia ricevuto a dirittura dalla bocca del taglio, altrimenti e il fiume difficilmente vi entrerà e vi si stabilirà, e logorando maggiormente una sponda produrrà una tortuosità la quale, generandone altre, farà sì che il fiume torni a farsi tortuoso, e si perdano i vantaggi sperati dal taglio. In terzo luogo bisogna che la direzione del filone allo sbocco del taglio sia quella stessa che in quel luogo aveva il filone primitivo del fiume, altrimenti si arrischierebbe di recare delle alterazioni allo tortuosità inferiori, che si reputano già stabilite ed innocuo una volta che il taglio si arresta superiormente alle stesse.

Incontrandosi che il filone del fiume non entri tanto bene quanto basta nella bocca del taglio, allora converrà abbondare nel tracciamento dell'apertura per cui il fiume deve entrare nel taglio, lasciando così libero il fiume di accomodarsi quella imboccatura che più gli torna opportuna.

596. Quando le condizioni del fiume sieno tali da esigere assolutamente una nuova inalveazione allora si dovrà con un attento e scrupoloso esame studiare diligentemente le cause alle quali sono dovuti i difetti della linea attuale ed il modo il più opportuno di toglierli. Per la scelta poi della linea secondo cui si dovrà condurre la nuova inalveazione è mestieri di poter prevedere dapprima le condizioni tutte in cui andrà a porsi il fiume quando sarà incanalato nella stessa, non chè quelle de' fiumi suoi tributarii, giacchè dal loro confronto colle condizioni dei circostanti terreni soltanto si potrà arguire l'utile che ne può derivare e se questo meriti la spesa della operazione.

Le nuove condizioni del fiume dipenderanno poi da quelle della nuova foce e dalla linea in cui andrà a stabilirsi il suo letto e quello de' suoi tributari, la quale sarà conseguenza della collocazione del punto ove andrà ad intestarsi, della scala delle sue pendenze, e della linea che dovrà percorrere. Egli è dunque necessario di assegnare il fondo alla foce, la legge delle pendenze, le variazioni che saranno per subire i suoi tributarii, e poi adottare tale linea di tracciamento che la sistemazione artificiale che si deve intraprendere goda rapporto ai circostanti torreni di tutte le proprietà che non devono mai scompagnarsi da una sistemazione artificiale condotta dalla scienza o dall'arte.

597. La difficoltà dei predotti problomi è più o meno grande secondo che si tratta di una inalvoazione composta, oppure di una inalveazione semplice, per la quale è più facile il ricavare dati che presentino molta probabilità che le fatte previsioni non abbiano a dilungarsi troppo dal vero.

E in primo luogo in quanto alle condizioni della nuova foce, se essa verrà aperta in terreno non molto dissimile da quello nel quale si apriva la vecchia, e in condizioni di esposizione pressocchè uguali, allora, non essendo variata la condizione del fiume per quanto spetta alla sua portata e alle sue torbide, la nuova foce prenderà le dimensioni e la profondità della vecchia, e sopra un tal dato si potrà assai probabilmcnto fissaro il fondo del fiume al suo sbocco, e quindi il punto dal quale deve partire il suo alveo ed al quale devono quindi essere intestate le sue pendenze. E ho detto di dover qui intestare le pendenze, perchè le pendenze si valutano in superficic, e la pendenza della superficie principia al punto ove il fiumo sbocca nel mare; il Lecchi, che col suo principio della foce equivalente si immaginò di riportaro la foce al termine dell'alveo orizzontale e di intestar quivi le pendenze, fece l'infelice prova che tutti sanno nella sistemazione delle acque della Romagna.

598. In quanto alla legge delle pendenze, quando la nuova inalveazione sia semplice e dalla stessa non si abbiano a temere tali variazioni nei fiumi tributarii da riescire sensibilmente alterato il regime delle piene e principalmente della torbida, essa assai probabilmente si conserverà quella di prima e basterà con accurate livellazioni rilevare le pendenze del fiume nella sua linea attuale por riportarle così come sono nella nuova linea che andremo a tracciare. Egli è mestieri però d'avvertire che se la nuova linea avcsso a riescire molto più corta della vecchia, sarà d'uopo di partire dalla foce con quelle pendenze che ha il fiume alla stessa distanza dal punto da cui si spicca la nuova inalveazione, e perchè le pendenze si vanno attenuando sempre più quanto la linea è più lunga, e perchè non è mai male di prevedere qualcho cosa di più, perchè sarà sempre bene trovarsi qualche cosa più bassi del preveduto ma sarebbe invece molto male il trovarsi più alti.

599. Abbiamo detto di riportaro nella nuova inalveazione le pendenze attnali, e ciò si intende quando il fiume nella sua linoa attualo sia stabilito; che sl avesse a temere

che il fiume non fosso ancora stabilito, e principalmente se presenti una sensibile protrazione di foce, allora sarà bene avvertire che probabilmente le pendenze dei suoi ultimi tronchi saranno alcun poco scarse, e che quindi le vere riesciranno alcun poco maggiori, ma sarabbe impossibile precisarne il giusto valore. Credo però che un fiume si stabilisca nella leggc delle proprie pendenze in tempo non lungo, e quindi che si possa avere norma abbastanza sicura ogni qualvolta il fiume corra da tempo piuttosto lungo nolla sua linea attuale.

Per accertarsi poi se l' alveo è stabilito, bisognerà confrontare i varii stati di piena e di magra per lunghi periodi prendendo le medio altozzo, per esempio, di dieci in dioci anni, e paragonare fra loro le medie altezze medesime; si potrà riputare stabilito il letto se i detti medii sono prossimamente uguali fra loro; i più sicuri indizi si avranno dal paragone delle magre; è metodo riprovevole quello di confrontare soltanto le massime piene e le massime magre, i massimi e i minimi dipendono da troppe cause puramente accidentali per poter dedurre dai medesimi alcun che di positivo.

600. In qnanto all'ampiezza delle sezioni, questa si desumerà da quella del vecchio alveo, e così pure la distanza degli argini, se pure l'esperienza non avesse mostrato che essa fosse o maggiore o minore del bisogno; però vicino allo sbocco deesi bon avvertire di tenerli abbondantemente distanti l'nno dall'altro, a riguardo delle mutazioni di sito che per cause accidentali possono avvenire allo sbocco medesimo, particolarmente quando si incontra di non eleggerlo buono al principio.

601. Massima avvertenza devesi porre nel valutare l'influenza che la nuova inalveazione può avere sopra i fiumi influenti, e cercare di recare ai medesimi le minori variazioni possibili per ciò che riguarda il regime della loro portata e della loro torbida, perchè altrimenti queste variazioni si rifletterebbero sul fiume recipiente, e si andrebbe incontro ad alcune difficoltà inerenti alle nuovo inalveazioni composte, come è quella di non poter più accertare con qualche probabilità la legge delle pendenze, le quali riescirebbero di necessità aumentate qualora dalla nuova inalveazione riescisse così abbreviato il corso dell' influente da versare nel fiume materia più pesante di prima.

Sebbene possa parere inutile, pure l'importanza della

cosa fa sì che io torni a ripeterla, la nuova inalveazione si dovrà cominciare dal basso e attentamente esaminare lo stato del fiume dopo la prima confluenza prima di procedere allo insù, e sempre apparecchiare buona strada all' acqua e alla materia prima di condurvi e l' una e l' altra.

602. Arduo problema, e tale sempre da non doversi tentare che colla massima cautela, è quello delle nuove inalveazioni composte, cioè di quelle inalveazioni nelle quali o si congiunge al fiume nuova acqua unendolo ad altro fiume che corre prima solitario, oppure si toglie al fiume qualonno dei suoi influenti per condurlo a correre isolato al suo termine. Le questioni che occorre risolvere, sono quelle stesse che bisogna risolvere nelle nuove inalveazioni semplici, se non chè, laddove per queste le vecchie condizioni dell'alveo possono porgere lume abbastanza sicuro per guidare nel tracciamento dell' alveo nuovo, in quelle conviene cercare altrove i dati necessari, e questi riescono sempre assai difficili ed incerti. Generalmente si può prevedere che una sottrazione di un valutabile corpo di acqua aumenterà le pendenze, e che le diminuirà invece l' aggiunta di acqua nuova, ma riesce pressochè impossibile valutare il quanto di queste variazioni; furono è vero proposte delle formole all'uopo ma io non consiglierei nessuno a fidarsi alle stesse; gli elementi influenti sono tali e tanti che è impossibile riunirli in una formola nemmeno con grossolana approssimazione, e anche facendolo, la formola direbbe assai meno di quello che può suggerire un giusto criterio pratico. Si aggiunga che può essere invece anche che la sottrazione di una corrente diminuisca le pendenze dell' altra, e inversamente, e ciò succederà quando, o per essere molto disparate le piene e molto differente la materia, la loro unione sia più dannosa che utile, il qual caso non è poi forse tanto infrequente quanto lo si potrebbe credere; io, per esempio, reputo pressochè sempre dannosa l' unione dei torrenti là dove portano tuttora materie assai grosse, e non sarei mai per consigliarla in nessun caso. In mezzo a tanta incertezza mi accontenterò di raccogliere brevemente alcune regole principali come sono formulate dal nostro maestro, il Guglielmini.

603. Se i fiumi da unirsi in un sol letto portino tutti materia omogenea ed abbiano piene pressochè contemporanee, e che quello che ha da ricevere gli altri abbia caduta

e forza sufficiente a portare la torbida fino al suo termine, e che di più la situazione della campagna concorra a mantenerlo incassato, sarà di esito sicuro la nuova inalveazione; perché essendo l'unione di più acque correnti cagione di maggiore profondità negli alvei, e di maggiore bassezza nelle massime piene; ed inoltre rendendosi con ciò minore la necessità della caduta dell' alveo, manifestamente ne segue che quel pendìo che basta ad un solo fiume, sarà tanto più bastante a molti uniti insieme; e se il piano di campagna può tenere incassato il primo, potrà essere molto più capace di tenerne incassati molti; anzi, quando nell' inalveazione di un solo fiume si potesse dubitare di qualche piccolo danno, dipendente dalla soverchia altezza del fondo, l'accoppiamento di altri potrebbe essere il rimedio. Solo resta in questo caso incerta la larghezza dell' alveo, la quale dipendendo dalla natura del terreno, più o meno facile da cedere al corso del fiume, e dall' abbondanza dell'acqua del medesimo, non si può esattamente determinare; nulladimeno non si potrà correre grande sbaglio se si avvertirà a ciò che succede in casi simili a quello che si ha tra le mani, oltre che, se si ha bisogno di argini, basta abbondare nella loro distanza piuttôsto che mancare.

604. Se allo sbocco di un influente l'alveo del fiume avesse a riescire molto depresso, allora, sbassandosi in quel punto il fondo del primo, potrebbe accrescersi tanto la sua pendenza che portasse nell' alveo materia eterogenea e tale da non poter essere smaltita dal recipiente, allora l'esito della operazione sarebbe assai incerto e difficilmente potrebbe consigliarsi l'operazione; solo se altre potenti considerazioni facessero sì che ella venisse adottata, bisognerebbe provvedere con fabbriche di muro, a modo di chiuse o cateratte, atte a sostenere il fondo del fiume allo sbocco, o ad elevarlo anche qualche poco di più se si ha dubbio che la velocità dell' acqua cadente dalla chiusa possa rapire dalle parti superiori materia pesante, e portarla nel nuovo alveo.

605. Quando i fiumi sieno di differente natura allora, se i fiumi superiori porteranno materia più pesante degli inferiori, come sarebbe a dire, se il fiume principale portasse ghiaia grossa, il primo influente più minuta, il secondo anche più minuta, e così gradatamente fino agli inferiori, che portassero solo arena o limo, e che il fiume principale abbia in ciascuno dei suoi punti già di per sè sufficiente caduta, e le

piene degli influenti sieno pressochè contemporanee, o almeno precedano quella del fiume principale, allora si potrà assicurare la buona riuscita della inalveazione; perchè se il fiume principale può portarsi al suo termine da sè, maggiormente potrà farlo unito cogli altri, le cui cadenti, per la maggiore piccolezza delle materie, devono naturalmente essere minori. Si potrebbe dubitare soltanto che l'unione di più acque possa spingere in avanti meteria più pesante, ciò non ostante però questo difetto sarà probabilmente compensato dalla caduta, che nell'unione di più fiumi richiedesi minore di quella che si suppone convenire ad un solo. Questo però è un punto da considerarsi sul fatto, e che richiede un giudizio ben pensato per fare un'aggiustata compensazione degli eccessi e dei diffetti.

606. Se i fiumi influenti portino materie più pesanti di quelle del fiume principale nel punto della intersecazione, allora, sebbene la caduta del nuovo alveo fosse tanta che bastasse pel corso del primo fiume che vi entra, non perciò si può con sicurezza concludere che possa bastare per tutti; attesochè se i fiumi inferiori vi porteranno dentro materia più pesante può essere che questa sia tale che faccia in esso qualche elevazione, e questa sia tanto grande che tolga la caduta al fiume principale e lo obblighi per ciò ad elevarsi di fondo. Può ben giovare l'unione dell'acqua a fare che la materia deposta non renda l'alveo tanto declive quanto richiede quello dell'influente, ma non già ad impedire affatto la deposizione, la quale in certi casi potrebbe essere tanto grande che facesse elevare il fondo del nuovo alveo sopra il piano delle campagne.

In questo caso non si può suggerire che quanto assennatamente dice il Guglielmini stesso, cioè di considerare la inalveazione gradatamente come se si dovesse inalveare solo l'ultimo fiume al termine preteso, e vedere ciò che sia per riescirne: indi figurandosi fatta questa inalveazione, qualora sia ella possibile, o in istato da poter migliorarsi coll'unione di un altro fiume, cercare qual'esito avrebbe l'introduzione del fiume immediatamente succedente nell'alveo già detto; e, parendo che questa sia per riescire, passare alla considerazione del terzo, e così successivamente fino al fiume principale, e quando si trovasse che ad uno ad uno dessero speranza di buona riuscita, allora potrebbe farsi l'inalveazione del fiume inferiore od aspettarne il successo, il quale

corrispondendo al figurato si potrebbe passare all'inalveazione dell'altro; e così proseguire osservando sempre, prima di intraprendere nuova operazione, il successo della precedente; e trovando qualche effetto non pensato a svantaggio della inalveazione, segno sarà d'essere arrivati a quel termine che la natura permette, e conseguentemente non sarà buon consiglio l'avanzarsi più oltre.

LIBRO SESTO

Dispensa delle acque

Capo I. — Nozioni. — Condizioni fondamentali. Orari.

607. Dovunque l'agricoltnra e l'indnstria sieno in progresso le acque hanno nn determinato valore, che si può sempre rappresentare mediante un equivalente in danaro; egli è qnindi mestieri di poter misurare queste acqne come si misurano le cose più comuni che sono in commercio, come si misnra, ad esempio, una certa qnantità di biade, di vino o d'altro. Ne ciò basta ancora, egli è necessario di più poter dividere nna data quantità di acqua in quali e qnante assolute porzioni sieno a beneplacito richieste; separarne qnalnnque quantità che si voglia, in quella stessa maniera come si misura e si stacca da nna pezza di panno qnel che si vende a taglio. Ecco dunque in che consiste il problema di cui dobbiamo ora occuparci.

« Assegnare i metodi e le regole da seguirsi per derivare da nn canale, da nn recipiente qnalunque, nna determinata qnantità di acqua, in modo che l'acqua così somministrata non sia nè più nè meno della richiesta. »

608. Sncede alcnna volta che, invece di distribnire l'acqna in quantità determinata, occorre soltanto di partire l'acqua condotta da nn qualche canale o rivo in data proporzione. Il problema allora va enunciato così:

« Spartire un dato corso di acqna in nn dato nnmero di parti aventi fra loro un assegnato rapporto. »

Quel qualnnqne edifizio che si deve costrnire per risolvere il primo dei suddetti problemi dicesi *bocca di derivazione* o *bocca tassata*, qnello che serve alla soluzione del secondo *partitore*.

609. Due ragioni potrebbero portarsi in campo contro l'introduzione di nn libro speciale il qnale tratti *ex professo* dei due problemi ora accennati. La prima si è che dopo qnanto si è detto nella foronomia parrebbe che i problemi snddetti non avessero bisogno di ulteriore esame e discussione, non essendo che un'immediata e facile applica-

zione delle leggi che si sono minutamente analizzate e discusse. L'altra che un tale studio non può recare molti vantaggi essendoci tolta ogni possibilità di emendare le derivazioni sussistenti, le quali, per essere un fatto compiuto, o per gli effetti legali della prescrizione e della usucapione, hanno acquistato il diritto di perpetua conservazione.

Se non che contro alla prima ragione si può dire che i detti problemi esigono che sieno soddisfatte tali e tante condizioni che si rende indispensabile il farli scopo di speciale trattato; e contro la seconda che non è tolta qualunque applicazione dei nuovi perfezionamenti introducibili nelle più o meno viete pratiche di dispensa delle acque; che delle nuove derivazioni dovranno pur farsi e si faranno per certo, sicchè non riesce menomamente inopportuna la loro discussione, almeno pei casi futuri.

610. Acciocchè la soluzione che si vorrà dare del proposto problema raggiunga esattamente lo scopo, deve soddisfare alle condizioni seguenti.

1° Mirando a coloro ai quali la detta soluzione particolarmente interessa è evidente essere necessario di basare le regole idrometriche sopra principii così ovvii e manifesti che gli utenti possano andare convinti della giusta ripartizione dell'acqua secondo i rispettivi loro diritti, e possano aver norme piane e semplici sì ma sicure da servir loro di base nelle varie contrattazioni alle quali possano essere condotti dai particolari loro bisogni.

2° È necessario rendere la soluzione indipendente da meccanismi di difficil maneggio, perchè facili a guastarsi, ed anche perchè non potendo essere giustamente compresi da coloro alle cui mani si sarebbe sempre obbligati di affidarli difficilmente sì otterrebbe dal loro uso la precisione richiesta.

3° Il metodo deve essere generale, di modo che sopra qualunque lago, fiume o canale venga applicato, somministri costantemente la medesima quantità d' acqua, e possa darne una quantità in precedenza assegnata.

4° Quel qualunque edifizio che importasse a quest'uopo di costruire, deve essere finalmente in tutte le sue parti pienamente determinato, di maniera che nulla sia lasciato all' arbitrio dell' utente, il quale non vi possa recare la benchè minima alterazione senza che questa non possa essere immediatamente scorta da chi può avere il diritto di impedirla. Lo spazio da esso occupato non deve poi essere ec-

cessivamente grande, e ciò principalmente per poterne render facile l'applicazione in qnalunque luogo.

611. Comunque il problema possa esser risolto, è necessario anzi tutto, di fissare per le acque di derivazione un'unità di misura, la quale dovrebbe essere eguale in ogni paese almeno del nostro Regno. Una tale uniformità non essendo possibile pei vecchi diritti e per le vecchie pratiche in uso, è necessario almeno che in ciascun paese l'unità di misura sia così nettamente definita e fissata che i rapporti fra le varie unità di misura riescano così assegnabili come lo sono quelli delle capacità, delle aree, delle lunghezze, così malauguratamente vari da luogo a luogo.

Il metodo migliore, teoricamente parlando, sarebbe quello di fissare per unità un determinato volume di acqua fluente in un tempo determinato; se non chè le difficoltà che una tale unità incontrerebbe ad essere adottata nella pratica, perchè difficilmente gli utenti potrebbero persnadersi che il volume dell'acqua loro assegnato fosse veramente quello al quale hanno diritto, fa sì che venga preferita sempre un'altra unità di misura, la quale sarà tanto più perfetta quanto più esattamente si potrà confrontare con quella che abbiamo sopra indicata.

612. È pratica universale di derivar l'acqua dai canali, o dai recipienti dispensatori, col mezzo di un foro, bocca di derivazione, e assegnare per unità di misura la quantità di acqua che perennemente fluisce da una bocca di determinata figura e grandezza, con determinate condizioni di efflusso.

Richiamando alla memoria quanto si è detto nella foronomia pel calcolo delle portate degli orificii, e fissando bene che alla soluzione dell'attuale problema è indispensabile che le portate delle varie bocche sieno esattamente paragonabili fra loro e con quella della bocca scelta a dare l'unità di misura, vedremo facilmente come devasi avere particolare riguardo a tre circostanze; cioè primo alle condizioni della bocca di derivazione; secondo al modo con cui l'acqua viene condotta alla bocca medesima; e finalmente alla maniera con cui essa si scarica dalla bocca.

613. Per quanto spetta alle condizioni relative alla bocca di derivazione è evidente che, fissata quella che deve servire per unità di misura, tutte le bocche devono avere la stessa forma; essere tutte scolpite in lastre della medesima grossezza, ed in esse essere tutte incavate in modo eguale

avere i loro lati ed il labbro inferiore così discosti dalle sponde e dal fondo del recipiente che la contrazione sia o in tutte completa o in tutte egualmente modificata; dovranno finalmente, e ciò per le condizioni fondamentali poste in principio, avere tutte eguale altezza ed eguale battente, e allora i multipli, o le parti aliqnote si avranno allargando o restringendo nelle volnte proporzioni la bocca, dappoichè le esperienze di Poncelet e Lesbros dimostrarono che sul coefficiente della portata non ha alcuna influenza la larghezza della lnce. Se poi potesse sorgere il dubbio che questo non si verificasse che fino ad nn certo limite soltanto si potrebbe limitare a quel punto il nnmero delle nnità di misura da estrarsi con nno stesso edificio. Un tal dnbbio sorgerebbe ragionevolmente se la parete in cni è scolpità le bocca di derivazione fosse tanto grossa da assimilare la bocca ad nna doccia, metodo peraltro questo ch'io reputerei così incerto da doversi rigettare.

614. Intorno al modo poi con cui l'acqna deve esser condotta alla bocca di derivazione è evidente che, qualora fosse essa dotata di una velocità preconcepita, una tale velocità dovrebbe essere eguale per tutte le bocche, il cui piano dovrebbe di più essere egualmente inclinato alla direzione media posseduta dall'acqua. Una tale costanza nella velocità e nella sua direzione al piano della bocca, essendo, se non impossibile, difficilissima a potersi raggiungere in pratica, sarà invece mestieri di disporre le cose per modo che l'acqua riesca posta in tali condizioni nel recipionte, alla cui sponda è applicata la bocca, da potersi ritenere come assolutamente tranquilla e stagnante.

615. Per ciò che riguarda finalmente la maniera secondo cni si opera l'efflusso, ossia il versamonto dell'acqua dalla bocca di derivazione nel canale ordinato a condurla là dove deve essere ntilizzata, la più propria sarebbe quella di far fluire l'acqna a libera caduta; senonchè, esigendo ciò che i livelli si prestino, non sarà sempre possibile far sì che l'acqua si scarichi liberamente, e allora converrà porre la massima attenzione a ciò che lo sgorgo riesca ngualmente impedito in tutte le bocche, e precisamento così come lo è in quella prescelta ad unità di misura, e ciò perchè riesca sempre a togliere ad nna data e costante velocità nna data e costante porzione di essa in tutte le bocche di qualsiasi portata. Questo per altro trascina seco l'inconveniente che, non essendo bene accertata l'influenza di un canale sulla portata di una

luce, si rende difficile la stima dei rapporti esistenti fra le vario unità di misura, nelle quali la differente forma e collocazione del canale di scarico fa sì che varii la sua influenza sulla quantità assoluta dell' acqua fluita.

616. Non sempre l' uso dell' acqua è continuo in ciascun utente, ma assai spesso la quantità totale di acqua continua, che fluisce da una bocca assegnata, viene alternata fra diversi utenti, dirigendola in massa o verso l' una o verso l'altra parte, nei rispettivi canali, per mezzo di opportune chiaviche munite di paratoia. Secondo la natura della rotazione agraria adottata e la diversa copia delle acque si sabilisce un periodo di un certo numero di giorni, che chiamasi *rota*, dopo il quale tutta l'acqua viene concessa ad un determinato utente per la durata di un assegnato numero di ore, detto *orario*, scorse le quali viene assegnata ad un altro utente e così via, fino a che compiuto il periodo ritornano a riprodursi le concessioni nel medesimo ordine di prima. Ciò dà luogo ad alcuni problemi che ora ci faremo a risolvere.

617. A quest' uopo indicheromo con:

Q la competenza di un determinato utente, valutata in acqua continua e in parti aliquote dell' unità di misura;

Q_1 la stessa competenza, ma valutata in rota di un giorno con orario di un' ora;

P la portata del canale comune ospressa in unità di misura;

T il tempo, espresso in ore, che rappresenta l' orario che compete all' utente suddetto;

R il numero dei giorni che compongono il periodo della rota assegnata all' utente medesimo.

Per poco che si rifletta si vedrà facilmente, essere

$$Q = \frac{Q_1}{24}\ ; \quad Q_1 = \frac{P.T}{R}\ ; \quad \text{e quindi} \quad Q = \frac{P.T}{24.R}$$

Egli è mediante l' uso di queste formole semplicissime che si possono tosto risolvere tutti i problemi che si riportano alla permutazione degli orari. Per maggiore intelligenza chiuderò questo capo portando la soluzione di alcuni dei problemi medesimi.

618. *Problema I.* Un utente ha diritto ad un volume di acqua continua equivalente alla terza parte dell' unità di misura; gli si concede invece una bocca di otto oncie in rota di dodici giorni, si domanda l'orario corrispondente.

Sarà

$$Q=\frac{1}{3};\quad P=8;\quad R=12$$

quindi avremo:

$$T=\frac{24.R}{P}\,Q=\frac{24.12}{8}\cdot\frac{1}{3}=12^h$$

Problema II. Un utente ha diritto ad un volume di acqua di 4 unità in rota di 8 giorni con orario di 6 ore; vuole egli mutare la sua rota e il suo orario portando la rota a giorni 12 e l'orario ad ore 24; quante unità di misura gli dovranno essere attribuite?

Sarà

$$\frac{P.24}{12}=\frac{4.6}{8},\ P=1{,}5$$

cioè un' unità e mezza.

Problema III. Un utente ha diritto ad una portata di 15 unità con orario di 6 ore in rota di giorni 10; quante ore gli si dovrebbero assegnare se la rota venisse ridotta a giorni 15 e la portata a 10 unità soltanto, ammettendo che non debba variare la competenza assoluta dell'utente?

Sarà

$$\frac{T.10}{15}=\frac{15.6}{10},\ T=13^h\,\frac{1}{2}$$

Problema IV. Un utente ha diritto a 4 unità con orario di 12 ore in rota di 8 giorni; si domanda a quale rota avrà diritto, divenendo la portata del canale 6 unità, l'orario di ore 24 ed essendosi raddoppiata la competenza dell'utente.

Sarà

$$\frac{6.24}{R}=2\cdot\frac{4.12}{8}$$

da cui

$$R=12.$$

Questi pochi esempi basteranno, essendochè tutti si risolgono egualmente.

Capo II. — Metodi di dispensa delle acque. Regolatori.

619. I metodi usati per la dispensa delle acque si possono ridurre a tre: cioè a superficie irrigabile; mediante

bocche semplici direttamente aperte nelle sponde del canale alimentatore; finalmente mediante bocche munite di un sistema che, per regolare appunto la quantità dell'efflusso, dicesi regolatore.

Il primo sistema non merita alcuna considerazione, imperocchè, essendo l'acqua di irrigazione usata per coltivazioni varie, che ne addomandano in varia quantità, ed in terreni di variabilissima permeabilità, dar l'acqua senza altra indicazione che l'estensione della superficie irrigabile, è dar l'acqua a discrezione. Se il metodo è qualche volta usato in Lombardia o nel Piemonte, lo è soltanto come eccezione, nei casi di eventuali concessioni, per raccolte note di cui si conosce perfettamente il consumo, e di più l'acqua accordata non è che una piccola quantità paragonata a quella delle concessioni permanenti.

620. A questo metodo si può ricondur l'altro delle concessioni d'acqua pel servigio di qualche macchina, e sebbene il metodo non cessi per ciò di essere molto imperfetto, pure in questo caso lo è assai meno, perchè l'acqua di irrigazione è consumata pressochè interamente, mentre quella che serve a far muovere una macchina è regolamente restituita al suo corso ordinario quasi immediatamente dopo prodotto il suo effetto; perchè in una parola le macchine utilizzano la caduta e non consumano acqua; laddove l'irrigazione la consuma effettivamente.

621. Il secondo sistema, quantunque più determinato del precedente, e conseguentemente migliore, non cessa però di non essere esso pure molto imperfetto. Non è mestieri entrare in molti dettagli per vedere che semplici orificii verticali, applicati alle sponde dei canali, devono trovarsi ben di rado nelle condizioni richieste perchè le quantità d'acqua da essi erogate sieno esattamente paragonabili fra di loro. Tutte le variazioni di livello nel canale dispensatore si traducono in una corrispondente variazione delle portate degli orificii, e siccome le bocche superiori, per erogare più acqua, influiscono sulle variazioni di livello del canale a valle così le variazioni delle portate saranno differenti e non proporzionali. A questo s'aggiunga che le dette bocche ora sono poste in acqua tranquilla ora in acqua dotata d'una velocità preconcepita la cui direzione è più o meno obliqua all'asse del foro; di più non sempre in tutte sono eguali le condizioni dell'efflusso, avvenendo per alcune a libera caduta, ed essendo per altre variamente influenzato. Nè ultimo incon-

veniente è quello di favorire estremamente gli abusi i quali tendono ad alterare la portata delle bocche a vantaggio degli interessati, i quali possono essere anche condotti per modo da toglierli alla vista di chi potrebbe avere interesse per impedirli.

622. Il terzo metodo soltanto merita il nome di metodo per la dispensa delle acque, ed esso può essere condotto al massimo grado di perfezione. Per intenderlo bene immaginiamo che un recipiente abbastanza esteso comunichi mediante un foro di area S_o col canale dispensatore, o versi l'acqua per un altro foro di area S_1, e che le cose siano arrivate al punto che, ricevendo tanta acqua quanta ne tramanda, il suo livello si mantenga costante; sia h_o l'elevazione dell'acqua nel canale dispensatore sul centro del foro di afflusso, ed h_1 quella sul centro stesso nel recipiente; così pure sia a l'elevazione del centro del foro di efflusso sopra quello di afflusso, e supponiamo che dal primo l'acqua fluisca a libera caduta. Dovendo essere

$$m\, S_o \sqrt{2g\,(h_o - h_1)} = m\, S_1 \sqrt{2g\,(h_1 - a)}$$

sarà

$$h_1 = h_o - \frac{S_1^2}{S_o^2 + S_1^2}\,(h_o - a)$$

e siccome è sempre h_o maggiore di a così sarà h_1 sempre minore di h_o, come era d'altra parte facile di vedere, e ciò tanto più quanto più piccolo sarà a e quanto più sarà S_o minore di S_1.

Supponiamo ora che nel canale dispensatore il livello muti e che si elevi sul precedente di una quantità Δh_o; ridotte le cose nuovamente allo stato di permanenza, sia Δh_1 la corrispondente variazione di livello nel recipiente; procedendo come precedentemente si troverà tosto

$$\Delta h_1 = \frac{S_o^2}{S_o^2 + S_1^2}\,\Delta h_o$$

donde si scorge che le variazioni di livello nel recipiente saranno minori di quelle che avvengono nel canale dispensatore, e ciò tanto più quanto più grande sarà S_1 in confronto di S_o.

Finalmente, senza ingolfarci qui in un complicato calcolo, che d'altronde tornerebbe del tutto inutile al nostro scopo, è anche facile lo scorgere che le variazioni di livello nel recipiente succederanno più lentamente di quello sia nel

canale dispensatore, o ciò tanto più quanto più grande sarà l'estensione superficiale del recipiente medesimo.

623. Se poi il foro che mette in comunicazione il canale dispensatore col recipiento suddetto può essere, mediante apposita paratoia, convenientemente modificato allora è sempre possibile di mantenere nel recipionte invariata l'altezza dell'acqua per quanto varii il livello nel canale, purchè il detto livello si mantenga sempre superioro a quello del recipiente.

Se infatti supponiamo che h_0 diventi $h_0 + \Delta h_0$ basterà faro in modo che S_0 diventi $S_0 - \Delta S_0$, e si manterrà invariato h_1 se si determinerà ΔS_0 per modo che sia

$$\{ S_0 + \Delta S_0 \}^2 \{ h_0 + \Delta h_0 - h_1 \} = S_0 (h_0 - h_1)$$

ossia

$$\Delta S_0 = S_0 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{h_0 - h_1}{h_0 - h_1 + \Delta h_0}} \right\}$$

624. Da quanto abbiamo detto risulta tosto la teoria e la pratica dei così detti *Regolatori*. L'acqua dal canale dispensatore, mediante un'opportuna apertura munita di saracinesca, si ricevo in un bacino, quanto più ampio e tanto moglio, alla cui ostremità si apre la vera bocca misuratrice, la bocca di erogazione, scolpendo nella parete all'altezza prescritta un segno il quale indica l'altezza che deve aver l'acqua sopra la bocca perchè dalla stessa fluisca nella quantità prescritta; la saracinesca servirà poi a modificare convenientemente la bocca di afflusso nel bacino perchè il battonto si mantenga costantcmonte lo stesso al variare dolla altezza dell'acqua nel canale dispensatore.

625. Nella pratica non si potrebbe, senza l'impiego continuo di una persona o l'uso di qualche congegno meccanico, modificare a dovere la posizione della saracinesca regolatrice quando il livello nel canale dispensatore andasse soggotto a frequenti variazioni; in questo caso è mestieri ammettere una leggera tolleranza per le variazioni analoghe nell'interno livello, e quindi nel battente sotto il quale si effettua l'efflusso; però il sistema torna ancora utilissimo in ciò cho col suo mozzo si attenuano le variazioni che possono avvenire nell'interno in causa di quelle che si manifestano nel livello esterno, e cho succedendo anche più lentamente promettono ad un solo custodo di regolare a dovere più chiaviche, purchè non sieno ad eccessiva distanza, c ciò tanto

più in quanto che rapide e forti variazioni di livello non si presenteranno pressochè mai nello stesso canale dispensatore.

626. Il bacino o recipiento ordinato a ricevere l'acqua che affluisce dalla bocca aperta nel canale dispensatore deve in secondo luogo adempiere anche l'importante ufficio di far sì che l'acqua a monte della bocca di erogazione debba potersi avere in conto di stagnante, pel che è necessario che sia molto ampio, e per lasciar sedare le oscillazioni ingenerate dall'entrare dell'acqua, e perchè riesca estinta la velocità preconcepita. A raggiungere quest'ultimo scopo è principalmente mestieri che la sua seziono verticale sia molto grande in confronto dell'apertura della luce di erogazione, perchè altrimenti, per condursi alla luce stessa, l'acqua dovrebbe acquistaro nell'interno del bacino una velocità che non si potrebbe impunemente trascurare.

627. La saracinesea regolatrice e il recipiente ordinato a ricevere l'acqua direttamente dal canale dispensatore non sono per altro le sole cose alle quali devesi aver di mira nella costruzione di un buon sistema di distribuzione dell'acqua; questi non hanno altro scopo che di regolarizzare il battente e render l'acqua possibilmente stagnante a monte della bocca di erogazione, ed è quindi necessario ancora di provvedere alla forma ed alla collocazione delle bocche ed al modo con cui avviene lo scarico dell'acqua. Per quest'ultima parte nulla vi sarebbe a dire qualora lo scarico avvenisse a libera caduta, ma se questa condizione non può essere soddisfatta allora bisogna provvedere eziandio allo scarico mediante uua costruzione la quale operi sopra tutte le bocche egualmente ed in proporzione della rispettiva portata; è forse questa una delle parti più difficili, attese le variabili condizioni dei terreni e la necessita di dover accomodare un sistema generale. L'acqua fluente deve essero ricevuta da un canale, del quale sieno pienamente determinate tutte le parti e principalmento la caduta, e non è che al termine del canale stesso che l'acqua deve essere lasciata a libero uso dell'utente.

Capo III. — Pratiche usate in Italia, e in primo luogo delle bocche non munite di regolatore.

628. *Pratica usata per la dispensa delle acque nelle Provincie di Verona e di Mantova.*

L'acqua in queste Provincie si vende a *quadretti*. In tutto il Veronese, e in quella porzione del Mantovano che sta alla destra del Mincio, per *quadretto d'acqua* si intende la quantità di acqua che fluisce per pura pressione da una bocca quadrata con un piede veronese di lato (0^m, 3429) e con due oncie veronesi di battente (0^m,0571). Nell' altra parte del Mantovano è in uso una luce affatto analoga alla Veronese, se non che l'altezza e la larghezza di questa sono eguali entrambe ad un piede Mantovano (0^m,4668) e il battente è due oncie del piede medesimo (0^m,0778). Sono però pochissime le bocche modellate di questa maniera.

629. Le varie condizioni relative alla luce ed allo scarico sono poi determinate da alcune convenzioni stipulate nel 1764, delle quali qui mi accontenterò di riportare le principali e quelle che sono più o meno realizzabili nella pratica.

1. Le bocche di estrazione si devono costruire del tutto simili ed eguali nelle loro figure, e dovranno essere collocate in luogo dove il filone del fiume cammini ad esse parallelo, e più che sia possibile in mezzo all'una ed all'altra ripa.

2. I centri delle bocche dovranno tutti essere egualmente depressi sotto la superficie dell'acqua; l' altezza delle luci deve essere sempre di oncie 12, la loro larghezza sarà di oncie 12 per un quadretto, di oncie 24 per due ecc. Per quelle bocche le quali godono di un'altezza stabile sopra la loro soglia, per cagione di un qualche sostegno che sostiene continuamente l'acqua ad una determinata altezza, è determinato che le loro soglie, o lati inferiori, sieno poste quattordici oncie sotto il pelo stabile dell'acqua; per quelle che hanno ora maggiore ora minore altezza è stabilita la profondità della detta soglia sotto il pelo dell'acqua così che abbiano, nell'acqua piuttosto scarsa che ordinaria, la loro competenza.

3° Rapporto alla situazione e disposizione dei canali che ricevono l' acqua, la quale immediatamente esce dalla bocca e che la trasportano agli usi particolari, fra la soglia della bocca ed il fondo del canale deve esservi tanta caduta che l'efflusso avvenga a libera caduta. Dove però non sia possibile di ottener questo, stando alle convenzioni stabilite, si dovrebbe sottrarre dalla quantità d' acqua che dovrebbe dare la bocca se l'acqua scorresse liberamente, la quantità di acqua rigurgitata e dilatare la bocca secondo la larghezza tanto

quanto deve bastare perchè per essa passi tanta acqua, sebbene rigurgitata, quanta ne scorrerebbe da una bocca libera dal rigurgito.

630. Non tutte le convenzioni stabilite poterono poi mettersi in atto, ed a convincersene basta il considerare che nel solenne trattato stabilito nel 1764 fra l'Imperatrice Maria Teresa e la Republica di Venezia si dovette procedere a descrivere minutamente ciascuna bocca di erogazione, la sua particolare collocazione e grandezza, di modo che si può dire che in questo sistema di distribuzione ogni luce particolare è modellata in base alla descrizione portata dal suddetto trattato, il quale fissa con ciò il diritto di ciascun utente. L'unità *quadretto Veronese* è dunque più un'unità teorica che altro, è un tipo al quale si è cercato di accostarsi più o meno secondo le circostanze, ma che difficilmente si trova raggiunto. A questo sono dovute le continue liti fra gli utenti rispetto alle competenze delle loro bocche, liti che cominciarono fino dall'origine, come si può andarne convinti scorrendo il volume terzo dell'Idraulica pratica ragionata del Mari.

631. *Pratica usata per la dispensa delle acque nelle Provincie dell'antico Piemonte*:

Si usano nel Piemonte tre metodi per la dispensa delle acque e tre unità di misura. Qui non diremo che dei due primi, essendochè il terzo appartiene ai sistemi di bocche munite di regolatore, dei quali diremo nel capo seguente.

L'acqua si vende nel Piemonte a *rote* o ad *oncie*.

Per *rota d'acqua* si intende la quantità di acqua che esce da una luce quadrata di un piede liprando di lato (0,^{m}5136), e di cui il labbro superiore è sfiorato dall'acqua che si versa dalla stessa. Si dà alla larghezza tanti piedi liprandi quante sono le rote che vogliónsi estrarre. La rota si divide in dodici oncie come il piede liprando. Nessun altra norma, oltre queste ora accennate, trovasi prescritta.

Per *oncia d'acqua* si intende la quantità di acqua che per pura pressione dell'acqua soprastante alla soglia esce da una luce di oncie tre del piede liprando di lato (0,^{m} 1284) di larghezza e di oncie quattro (0,^{m}1712) di altezza e sotto il battente di due oncie (0,^{m}0856). Nessun'altra avvertenza è prescritta, anzi si giunse alcune volte fino ad alterare le dimensioni della bocca, mantenendo però sempre inalterato il battente.

A questo metodo si è ultimamente applicato un regolatore, come vedremo più sotto.

632. Consta che nel 1474 si cominciò ad adottare un'unità di misura dell' acqua a piede quadro per concessione fattasi di acqua del naviglio d'Ivrea proveniente dalla Dora. Nel 1556 una concessione d' acqua della Roggia detta di Caluso fu anch' essa a misura del piede liprando quadrato. Successivamente nel secolo diciasettesimo l'unità di misura ha preso il nome di Rota, e dall' esame delle scritture estese dal 1600 al 1700 null' altro rilevasi se non che le concessioni delle acque sono state fatte a rota, presa per unità di misura, e che la rota si è concepita divisa in dodici parti. In generale pare che non si avesse altra cura se non quella di far corrispondere la materiale superficie delle bocche all' unità di misura della rota d' acqua, e che il lato superiore della luce dispensatrice dovesse essere a fior d' acqua cioè senza battente, come rilevasi da una concessione d'acqua fatta nel 1764 al Conte di Masin.

Del resto prima dell' attuazione del nuovo codice nel Piemonte non esiste alcuna legge o regolamento intorno alla derivazione dolle acque; la Camera di Torino aveva divisato nel 1791 di stabilire un metodo per questo oggetto, ma le vicende dei tempi non furono favorevoli a questa operazione pacifica, e la cosa non si effettuò.

633. *Pratica della Provincia di Brescia*:

L' acqua nella Provincia di Brescia si misura a *quadretti*; per *quadretto d' acqua* si intende quella quantità di acqua che fluisce da una luce quadrata di un braccio di lato ($0,^{m}471$). Egli è probabile che all'origine fosse sottinteso che una tale misura regolatrice conserverebbe un'altezza costante, forse doveva esser nullo il battente, ma la pratica si allontanò ben presto da un tale precetto, ed anzi non si conservò più che l' area della luce, alterandone a beneplacito i lati. Fra i mezzi adottati per regolare in qualche modo la quantità d' acqua erogata evvi il seguente: in continuazione della bocca propriamente detta, il canale di scolo è reso diritto e regolare per un tratto di 600 braccia (282^{m}), con costante pendenza di oncie 4 ($0,^{m}55$) per chilometro; poi in detto canale si pongono due altre bocche eguali alla prima l' una verso il mezzo o l' altra al suo termine. Convien però confessare che un tale rimedio non fa che complicare l'efflusso senza renderlo per questo migliore.

Si allarga o si restringe la bocca proporzionatamente al numero dei quadretti richiesti.

634. *Pratica nelle Provincie Venete.*

Nelle Provincie Venete, se si eccettua la Veronese, nessuna pratica stabilita si usa per la dispensa delle acque, e non vi ha nemmeno un' unità di misura determinata. Nelle concessioni che il Governo fa è la perizia dell' ingegnere d' ufficio, la quale lo determina a stabilire il modo del collocamento della bocca d'irrigazione e le di lei dimensioni regolandosi dietro la norme dei casi consimili, e mirando all' uso al quale l' acqua deve servire. In generale la bocca d' irrigazione apresi nella sponda del canale dispensatore o si munisce di una saracinesca per chiudersi interamente al bisogno ; tutte le condizioni speciali dalle quali dipende poi la portata sono affidate al giudizio dell' ingegnere, al quale debbonsi augurare più nozioni d' idraulica di qualcuno che io ebbi a conoscere.

635. *Pratiche in uso nel Mezzogiorno d' Italia*:

Dalla diritta del Po fino agli estremi limiti meridionali dell' Italia, l' irrigazione, così fiorente nella Lombardia e nel Piemonte, non ha più che un' importanza secondaria, o non è quindi maraviglia se qui sono trascuratissimi i metodi in uso per quelle poche distribuzioni di acqua che sono in attività.

Nel Ferrarese o nell' Emilia, perchè le acque o sono troppo basse, como quello del Po, o irregolari, come quelle de'suoi affluenti della riva diritta, si fa piccolo uso dell' acqua per l' agricoltura. Nella Provincia di Bologna havvi, a vero dire, il canale Naviglio, ordinato principalmente alla navigazione, ma che serve eziandio alla irrigazione; però non è stabilita per tali derivazioni alcuna regola fissa, ed è l' ingegnere d' ufficio che determina in ogni caso la collocazione e le dimensioni della bocca di erogazione in tutte le concessioni fatte dal Governo: d'ordinario queste si operano mediante l' uso di semplici orificii muniti di saracinesca, la quale serve a moderare l' efflusso così che non si impoverisca troppo d'acqua il canale da cui viene derivata. Per le bocche del Naviglio è prescritto che la loro soglia inferiore sia di pietra dura, ed elevata metri 1,14 sul fondo del canale. Solo nel 1811 per alcune nuove concessioni d'acqua fu stabilito che l' unità debba essere una bocca quadrata di oncie 4 del piede di Modena per lato ($0,^{m}172$); ma null' altro essendo fissato ciò non può giustamente chiamarsi una unità.

Negli antichi stati dell' ex Duca di Modena, l' imperfettissimo modulo usato dicesi *macina*; esso consta di un'apertura quadrata di $0,^{m}523$ di lato con un battente il quale può

elevarsi perfino a 0,m435; nella Provincia di Reggio la bocca ha invece 0,m53 di lato.

In Parma e Piacenza sembra che l'unità sia il volume d'acqua che scorre per un canale avente per sezione 108 oncie di un certo braccio che è 0m,587, e generalmente con larghezza di 12 oncie (0m,587) sopra 9 (0,443) di profondità, od in modo che esso riesca riempito interamente: quando però siavi di bisogno di una distribuzione esatta si adotta il modulo milanese.

In Roma la distribuzione delle acque per le fontane è fatta sotto la pubblica sorveglianza, e si effettua secondo le antiche tradizioni. Quest'acqua però non serve che per gli usi domestici.

Nessuna pratica esiste nel Napoletano e nella Toscana, privi questi presi di quelle vaste pianure di dolce pendenza su cui scorrono in gran copia le acque, ed essendo la classe agricola occupata in altre culture di grandissima importanza.

Cap. IV. — Continua — Bocche munite di regolatore.

636. *Pratica milanese.*

L'*oncia magistrale,* o l'unità di misura di cui si valgono i Milanesi per la misura dell'acqua corrente, teoricamente parlando, corrisponde al volume d'acqua che esce per pura pressione da una bocca rettangola larga oncie 3 (0m,14873) del braccio di Milano, alta oncie 4 (0m,19831), sotto il battente di oncie 2 (0m,09916) ed aperta in lastra grossa oncie 3 (0m,14873) del braccio medesimo. Si fà la larghezza tante volte oncie 3 quante sono le oncie magistrali che si vogliono estrarre.

Allo scopo di accostarsi il più possibilmente a questa unità teorica, alla bocca misuratrice si applica un regolatore completo, che ora ci facciamo a descrivere; per cui propriamente parlando si dovrebbe dire che l'oncia magistrale Milanese corrisponde a quella quantità d'acqua che fluisce da quell'edificio che porta lo stesso nome di oncia magistrale, perchè un tale edifiico così come è difficilmente raggiunge interamente lo scopo propostosi.

637. Ecco poi il regolatore Milanese. Nella sponda del Naviglio apresi una porta larga tanto quanta è la larghezza della luce misuratrice, e si munisce di una chiavica che scorre fra due incastri praticati negli stipiti di marmo che costituiscono i due lati verticali della porta. Di quì entra

l'acqua nella *tromba coperta*, la quale è una conca parallelepipeda lunga dieci braccia milanesi (5^m,949), e di cui la larghezza supera quella della bocca erogatrice di 10 oncie (0^m,4958), perchè i muri laterali della conca restano discosti dagli stipiti cinque oncie per parte. La faccia opposta alla porta è un lastrone di marmo grosso oncie 3 (0^m,1487), ed in esso è tagliata la bocca o modulo nelle misure sopra indicate, ed in modo che la sua soglia inferiore si elevi sopra il fondo orizzontale della tromba oncie otto (0^m,3966). Dal fondo dunque della tromba si ascende alla soglia del modulo per uno scalino alto oncie 8, ma si può, volendo, togliere questo scalino e sostituirvi invece un piano acclive che parte dal fondo della porta e termina alla soglia del modulo. Poco lungi dalla porta è murata una solida pietra il cui piano inferiore è posto precisamente a livello del ciglio superiore del modulo, ed in altezza di 2 oncie sopra il ciglio medesimo stendesi per tutta la superficie della tromba un tavolato orizzontale, che dicesi *cielo morto*, e che è ordinato a sedare più presto le oscillazioni dell'acqua che entra per la porta. Finalmente tutta questa parte dell'edificio è sopracchiusa da una volta, e porta per questo il nome di *tromba coperta*.

L'acqua che esce dalla bocca misuratrice, o dal modulo, viene ricevuta in un canale che diccsi la *tromba scoperta;* questo canale è lungo nove braccia (5^m,3541), i suoi muri aterali in principio si discostano 2 oncie per parte dalla dirittura dei lati del modulo, e divorgono così che al loro termine si discostano invece dai lati stessi di cinque oncie. Il fondo del canale comincia un oncia al di sotto della soglia inferiore del modulo e pende con una caduta totale di un'oncia; al suo termine fra il fondo stesso e il canale, ordinato a ricevere l'acqua che esce dall'edificio misuratore e condurla al luogo dove dove essere utilizzata, vi ha il salto di un'altra oncia.

L'edificio della bocca di erogazione ora descritto si deve all'ingegnere Soldati, il quale lo propose nel 1571, e lo difese in mezzo a mille traversie e persecuzioni, le quali lo trassero perfino nelle carceri della Inquisizione.

638. I difetti del precedente sistema sono i seguenti:

1. La piccolezza della tromba coperta e la non proporzionalità della sua seziono verticale a quella della luce misuratrice; imperrocchè essendo fissato che i muri laterali debbano ritirarsi di cinque oncie dai lati verticali della luce

qualunque sia la grandezza di questa il rapporto della sezione della luce a quella della tromba è per es: $\frac{1}{15,17}$ per la bocca di un'oncia, e invece $\frac{1}{4,67}$ per quella di 10 oncie. La piccolezza della tromba fà sì che l'acqua entrata nella stessa non ha spazio sufficiente per estinguere le proprie oscillazioni, e porsi così da potersi riputare come tranquilla; nè a raggiungere questo scopo giova il cielo morto, il quale torna piuttosto in danno, perchè, le onde battendo contro il cielo morto, la percossa si concerte in pressione con aumento del battente prescritto. Secondo le esperienze di Tadini e di Bruschetti il battente è pressochè sempre maggiore del giusto; Tadini lo trovò perfino di dieci oncie e mezza in luogo delle due che sono prescritte. La non proporzionalità dell'area della sezione verticale a quella della luce influisce in ciò, che per la piccolezza relativa della tromba l'acqua concepisce una velocità secondo l'asse orizzontale della stessa, e quindi le differenti misure di velocità che ha l'acqua nella tromba producono variabili incrementi di velocità negli efflussi delle bocche di vario onciato, anche indipendentemente dall'azione diretta del più o del meno violento afflusso dell'acqua nella tromba per di sotto della cateratta.

Ad accrescere il diffetto della regola di ritirare constantemente della stessa quantità i muri laterali della tromba dagli spigoli della luce misuratrice viene poi anche la circostanza che con ciò la contrazione è inegualmente modificata, il perchè la portata riesce tanto più vantaggiata quanto la luce è più grande. Egli è in questo senso soltanto che è vero l'asserto del Brunacci non essere scevra d'errore la pratica Milanese in quanto per ottenere doppia tripla ecc. portata rende doppia, tripla ecc. la larghezza della luce misuratrice; nè un tale errore è tolto dal limitare la portata alle otto oncie soltanto perchè, in proporzione piccola sì, ma esiste già anche per sole due oncie, e và sempre crescendo.

2. Non essendo l'efflusso libero ma accompagnato dal canale della tromba scoperta, ad onta del salto di un'oncia allo sbocco, della pendenza di un' altr' oncia del fondo, del successivo salto di un'altr' oncia al termine o dell' allargamento in forma di imbuto della tromba stessa, essa non può a meno di non influire sull' efflusso producendo un ringorgo sulla bocca, e quindi un impedimento all' efflusso medesimo,

Ora un tale impedimento, per quanto almeno si può argomentare a priori, non è costante pel motivo che le sezioni della tromba scoperta non sono proporzionali alle grandezze dei moduli, la qual mancanza di proporzione non può a meno di non operare in modo che la lama d'acqua scorrente per la tromba non conservi sempre la stessa altezza e la stessa velocità per tutte le bocche, e quindi che il modulo non riesca sempre rigurgitato egualmente, e l'efflusso perciò egualmente impedito. Non debbo però passare sotto silenzio che da alcune esperienze del chiarissimo Possenti parrebbe risultare che la tromba scoperta impedisca realmente l'efflusso, ma che la differenza nelle bocche di varia portata sia abbastanza piccola da potersi trascurare.

3. In terzo luogo è diffetto del sistema l'arbitrio lasciato all'utente di adottare il piano aclive in luogo dello scalino nell'interno della tromba scoperta, e questo tanto perchè io reputo fermamente assieme al Tadini e coi pratici che il fondo acclive, col diminuire la contrazione sulla soglia inferiore, accresca la portata delle bocche; quanto perchè, alteri o non alteri esso la quantità dell'efflusso, è necessario che unico debba essere il modo di disporre quel fondo, attesochè l'edifizio normale della giusta misura non deve avere nessuna delle sue parti lasciata all'arbitrio degli interessati.

639. Alcuni di questi difetti potrebbero attenuarsi col rendere molto più ampia la tromba coperta, e col mantenere costante il rapporto fra la sua larghezza e quella della luce dispensatrice, allo scopo che la contrazione riesca in tutto le luci di varia portata egualmente modificata. Per rendere però l'acqua stagnante e per elidere l'influenza della velocità nell'interno della tromba bisognerebbe rendere questa notabilmente più grande, il che incapperebbe nel difetto di esigere troppo spazio. Più difficile sarebbe rendere in tutte le bocche uguale l'impedimento recato dalla tromba scoperta, e ciò tanto più che riesce ancora dubbia l'influenza di un canale sopra l'efflusso; se però sussistesse il caso segnalizzato dal Possenti, e che abbiamo indicato più sopra, questo inconveniente potrebbe facilmente scomparire mediante leggere modificazioni, e principalmente conservando costante il rapporto fra la sua larghezza e quella della luce, ed accrescendo alcun poco il salto.

Il charissimo ingegnero signor Carlo Possenti, in una sua pregiata memoria « sull'edifizio magistralo milanese per

la dispensa delle acque d'irrigazione» pubblicata nel vol. VII delle memorie del regio istituto lombardo, suggerisce alcune modificazioni essenziali all'edifizio attuale, in seguito alle qnali egli si lusingherebbe di raggiungere lo scopo di una ginsta dispensa; egli è però permesso dubitare dell'efficacia delle modificazioni stesse, ed io reputo che qualora si volesse nna buona dispensa anche il metodo milanese, sebbene indubbiamente il meno imperfetto di tutti, dovrebbe essere lasciato da parte, e che pinttosto che pensare a migliorarlo converrebbe pensare a mutarlo del tutto.

640. *Pratica cremonese.*

L'*oncia d'acqua* o l'unità di misnra per la provincia di Cremona, è la quantità di acqua che entra e decorre per una doccia parallelepipeda larga un'oncia (0,m0403) alta dieci oncie (0,m4029) e lunga dieci braccia (4,m8353) del braccio vecchio, ossia del trabucco, con battente di nn' oncia. La larghezza maggiore o minore determina il maggiore o minor diritto dell'estrazione; le luci però non possono superare la larghezza di oncie ventiquattro. Essa è munita di un regolatore.

Il regolatore si compone di più parti, 1. l'*incile* o la porta che dà accesso all'acqua e che si apre nella sponda del canale dispensatore; consiste questo nella porta o apertura e nel condotto murato da cui è accompagnata; la prima è un'apertura larga poco più del modulo, nei cui stipiti laterali di pietra scorre una saracinesca; l'altro è un condotto parallelepipedo in muro, aperto superiormente a sponde verticali e col fondo orizzontale a livello del fondo del modulo; esso è largo tanto quanto la porta ed è lungo dieci braccia (4,m8353). 2. il *bottino*, è questo un canale a fondo orizzontale e allo stesso livello del fondo dell'incile e del modulo, largo alla base quanto la porta, a sponde in terra, e quindi a scarpa, e della lunghezza di 4 a 7 trabucchi (11,m a 17,m); alla sua estremità è colloaato il modulo sopra descritto, o la vera bocca misuratrice. 3. Il *canale di condotta dell'acqua*; questo è un canale a sponde in terra che susseguo al modnlo ordinato a ricevere l'acqua fluente ed a regolare e rendero in tutte uguale l'impedimento recato dal ringorgo sulla bocca di efflusso; esso è lungo 25 trabucchi (71m) apresi al principio colla larghezza del modulo e progrodisce divergendo così che alla sua estremità la sna lunghezza è una volta e mezza quella del modulo stesso, con una caduta totale di un'oncia; allo scopo poi che tali dimen-

sioni del canale di scarico sieno inalteratamente le prescritte, ai suo termine sta la così detta *briglia*, la quale è un ritegno in cotto, largo la metà più della luce, aperta a tutta l'altezza delle rive dell'alveo, e colla soglia depressa di un'oncia sotto il livello del fondo della tromba; ha la figura di un prisma triangolare verticale, riescendo l'apertura fissata dai due spigoli sporgenti dei due opposti prismi. 4. Lo *scagno*, il quale però non esiste sempre; è questo un sostegno di cotto collocato nel canale dispensatore attraverso all'alveo a monte della luce, sul quale per tutta la sua lunghezza si fissa un trave fasciato di reggetta di ferro, la cui sommità tiensi a giusto livello del labbro inferiore della bocca, cioè a dire sulla medesima orizzontale del fondo del canale, che accompagna l'incile, e del fondo della tromba.

A rendere l'edificio durevole si fasciano di marmo le soglie, gli stipiti, la luce di entrata ed il coperto della tromba.

641. Diffetto cardinale del sistema è quello di usare alla misura del volume dell'acqua di una doccia lunga dieci braccia (4^m,8353) in vece di una semplice luce aperta in lastra sufficientemente sottile, imperocchè non riesce più da questo proporzionata la giusta parte nelle bocche di vario onciato, non crescendo la superficie, sulla quale l'acqua è obbligata a strisciare, proporzionatamente all'area della luce, dalla quale è determinato il corrispondente diritto; nè il limitare ad oncie 24 il numero delle unità da estrarsi mediante lo stesso edificio toglie il diffetto, il quale non può a meno di non farsi sentire immediatamente anche nelle luci di due o tre oncie. Oltre a ciò sarebbe diffetto la troppa estensione di tutto l'edificio, il quale viene ad occupare una lunghezza di circa 97 metri; l'essere più del Milanese soggetto alle frodi, e finalmente l'arbitrio lasciato relativamente alla collocazione della tromba, potendo porsi a varia distanza dall'incile, e ciò dai 4 ai 7 trabucchi, e quel vago che vi ha nel prescrivere questa dimensione dicendosi che la sua distanza, fra i detti limiti, si regolerà secondo che le circostanze dei cavi possono permettere di collocarla in retta linea del canale e dell'incile, e fuori segnatamente dei risvolti dell'alveo.

La tromba col suo modulo pare invenzione dell'ingegnere Donineni, addetto al naviglio Pallavicino intorno al 1501.

642. *Pratiche nelle provincie di Lodi e di Crema.*

L'esistenza del vasto canale della Mnzza dà una grande importanza alle distribuzioni d'acqua che procurano al territorio Lodigiano la sua grande ricchezza. Una porzione delle bocche di derivaziono stabilite sulla Muzza, sopratutto nella sua parte superiore, sono modellate dietro il modulo milanese; una parte però lo sono invece con un modulo particolare, che è così descritto dal Barattieri:

« I Lodigiani misurano l'acqua ad oncia, e l'oncia è fatta con uno sforo o bocca alta nove (0^m.3415) e larga una (0^m,0379) delle oncie lineari del braccio loro; e tante oncie lineari allargano la bocca, quanto sono le oncie d'acqua che intendono cavare, con ordine che tale bocca abbia di battente due oncie lineari (0^m,0991) del braccio milanese. Passa l'acqua nol principio per un canale, o tromba, attaccato a detta bocca lungo braccia dieci (4^m,553), che tiene la pendenza di nn'oncia e mezza (0^m,0568) dal principio sino alla fine, cadendo e camminando del resto a beneplacito, allargandosi però quella tromba un'oncia (0^m,0379) per parte uscita dal labbro della bocca, che si fa grosso due oncio (0^m,0758) e nel fine si allarga di un'altra oncia e mezza (0^m,0568) d'avvantaggio per ognuna delle parti. »

Questa disposizione di Lodi ha una certa analogia con quella di Cremona, però è meno determinata e precisa.

Nella provincia di Crema, è adottato por intero il modulo cremonose, colla sola differenza dolle braccia rispettive; il braccio di Crema è 0^m,46978 mentre quello di Cremona è 0^m,48353; il battente però nella provincia di Crema è stabilito in oncie duo. Il modulo di Crema ha dunque 0^m,03915 di larghezza; 0^m,3915 di altezza, e 0^m,0783 di battento.

643. *Regolatori usati nel Piemonte.*

Quando in Piemonte alla vecchia oncia si è voluto applicare un regolatore, allo scopo che l'acqua avesse a riescire stagnanto a monte dolla luce, che invariato ne riescisse il livello, e che fosse regolato l'efflusso, non si sono prescritte propriamente regole assolute, ma, lasciando una certa latitudine nella costruzione, si procedette presso che nel modo seguente, originando quel regolatore che solo è ora in uso.

Si cerca disporre la bocca, o porta, d'introduzione in modo che si presti il più vantaggiosamente possibile all'entrata doll'acqua, conformando generalmente in andamento curvilineo l'incilo doll'apparecchio, così cho l'acqua possa conservare, di poco diminuita, la sua velocità. Il fondo dell'apparecchio, orizzontale, è in muratura pel tratto di dodici o

quindici metri, e ora a livello del fondo del canale, ora più depresso, e ciò secondo la disposizione dei luoghi e il bisogno di dare minore o maggiore chiamata all'acqua; nel maggior numero dei casi l'acqua è condotta alla prima bocca d'introduzione con pendio più o meno pronunciato. A partire dalla bocca di presa dell'acqua, o ad una distanza che varia dai quattro ai dieci metri, è posto verticalmente un lastrone di marmo, nel quale è intagliata la vera bocca di erogazione, o modulo, di quella misura che compete al diritto del particolare utente: una piccola intagliatura è fatta in detto lastrone sopra il bordo superiore della bocca all'altezza del battente prescritto, e serve ad indicare l'altezza alla quale deve essere mantenuta l'acqua nell'interno del bottino, mediante la paratoia applicata alla porta e bocca d'introduzione. Quasi costantemente nelle varie bocche al luogo del modulo il bottino si allarga in una specie di ampia vasca, allo scopo che dall'ampliata sezione riesca così attenuata la velocità preconcepita dall'acqua da potersi riputare tranquilla. Oltre la bocca misuratrice l'edificio continua in giù per altri cinque o sei metri con fondo orizzontale e sponde verticali e parallele, poi segue il canale ordinato a condurre l'acqua al luogo ove deve essere utilizzata. L'efflusso ha luogo pressochè sempre a libera caduta.

644. Nel codice Piemontese è fissato un nuovo modulo all'articolo 643; ma solo il modulo o nulla è fissato relativamente all'edificio regolatore che deve rendere soddisfatte le condizioni imposte, di modo che a stretto rigore non si potrebbe dire essere ordinato un metodo di distribuzione, del quale in fine tuttora siamo deficienti. Ecco poi colle parole stesse del codice la definizione del modulo nuovo.

« Nelle nuove concessioni di acqua, in cui sarà convenuta ed espressa una costante quantità di acqua fluente, dette anche concessioni a bocca tassata, la quantità conceduta dovrà in tutti gli atti pubblici esprimersi in relazione al *modulo d'acqua.* »

« Il *modulo d'acqua* è quella quantità d'acqua che, per la sola pressione dell'acqua e con libera caduta, passa per una luce quadrilatera, rettangola, collocata in modo che due dei suoi lati siene verticali, larga due decimetri, alta due decimetri, ed aperta in parete sottile, contro la quale l'acqua si appoggia, ed è mantenuta colla suprema e libera sua superficie all'altezza di quattro decimetri sopra il lato inferiore della luce. »

Cap. V. — Stima approssimata della portata dei vari moduli.

645. I moduli che noi abbiamo superiormente descritti presentano circostanze così varie da rendere difficilissima l'esatta stima delle loro portate, almeno senza ricorrere a dirette e replicate esperienze. In essi l'efflusso è quasi sempre più o meno impedito, difficilmente l'acqua è così tranquilla alla bocca da potersi riputare come stagnante, e la bocca stessa non è pressochè mai tagliata in lastra sottile; che anzi nel modulo Cremonese, e in quelli che si modellano sopra lo stesso, la vera misuratrice dell'acqua non è già una bocca ma sì bene una doccia di sensibil lunghezza. Facendomi io quindi a rintracciare ora la loro portata, dovetti lasciare l'uso del calcolo, tutte le volte almeno in cui le dirette esperienze poteano porgere indizii molto più attendibili di quanto potevano dare le regole della foronomia esposte in principio. Egli non è che per quei soli moduli, pei quali l'opinione dei pratici è tuttora desiderata, ch'io azzardai l'applicazione di quelle regole; e quindi mi corre l'obbligo di ricordare che le seguenti portate non devonsi ritenere che come approssimate, e anche forse fra limiti non molto ristretti.

646. *Oncia magistrale Milanese.*

Sebbene il modulo milanese sia ancora quello che gode d'una maggiore fiducia, pure i suoi difetti sono ancora tali che riesce assai difficile valutarne l'esatta portata, ed infatti le tante esperienze intrapprese a quest'uopo condussero sempre a risultamenti assai discordi, essendo per es: la portata valutata in litri 46,67 al secondo dalle Pubbliche Costruzioni Lombarde, ed essendo risultata soltanto di litri 32,42 in alcune esperienze dell'ing. Castelli, e di litri 40,50 al celebre De-Regi. Senza entrare in una minuta discussione, impossibile a farsi, sembra doversi ritenere come maggiormente probabile, almeno in medio, quella data dalla media di molte prove dell'ingegnere Merlo, e che è di litri 44,67. A questo valore io pure mi atterrò, confessando per altro di riputarlo solo come un medio grossolanamente approssimato, e ciò tanto più ch'io reputo che le portate debbano crescere al crescere dell'onciato.

Valutando la portata in base alla formola

$$Q = mL \,.\, \sqrt{2g} \left\{ (h+a)^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right\}$$

dove è $L = ,14873$; $a = 0,19831$; $h = 0,09916$ si avrebbe il coefficiente m di ridduzione eguale a 0,7765 ancora molto forte, ma giustificato in qualche modo dalla grossezza della parete e dal non essere completa la contrazione, attesa la prossimità delle pareti laterali della tromba coperta sgli spigoli verticali della luce, dappoichè abbiamo veduto non doversi ripntare completa la contrazione se non allora che le pareti distino dagli spigoli più di tre volte, o almeno duo volte e mezza, la larghezza della luce.

647. *Oncia Lodigiana, Cremonese e Cremasca.*

Ho rinniti quì questi tre moduli perchè, modellati pressochè nello stesso modo, è probabile che le portate rispettive sieno proporzionali alle portate loro se fossero scolpiti in lastra sottile, e se l'efflusso succedesse a contrazione completa ed a libera caduta, e perchè avendosi alcune esperienze dell'igegnere Merlo relative alla portata della lnce Lodigiana, dal confronto si potrà argnire qnella delle altre.

Ammettendo l'efflusso libero, in lastra sottile, ed a contrazione completa, le portate sarebbero

per la luce Lodigiana al secondo, litri . . 17,51
» Cremonese » . . . 20,34
» Cremasca » . . . 18,05

i rapporti loro sarebbero quindi

rapporto dell'oncia Cremonese alla Lodigiana . 1,1618
» Cremasca » . 1,0307

Secondo le esperienze dell'ing. Merlo, il rapporto fra l'oncia Lodigiana e quella Milanese sarebbe qnello di 12 a 24; ritenendo qnindi litri 44,67 al secondo la portata Milanese sarebbe

Portata dell'oncia Lodigiana, litri . 22,34
» Cremonese » . 25,95
» Cremasca » . 23.03

La Direziono delle pubbliche costruzioni di Lombardia sembra però riputare che il rapporto dell'oncia Lodigisna alla Milanese sia quello dei numeri 12285 e 23734, allora le rispettive portate sarebbero invece

Portata doll'oncia Lodigiana, litri . 23,12
» Cremonese » . 26,86
» Cremasca » . 23,83

Non saprei qnali di questi valori meritassero maggior fede, ma d'altra parte l'incertezza della modellazione è già abbastanza grande per poterli riputare tutti e due egualmente probabili.

648. *Quadretto Veronese e Mantovano.*

Nulla di sicuro si può assegnare relativamente a queste bocche, attesa la grandissima varietà delle circostanze nelle qnali si trovano collocate. So fossero nelle circostanze normali le portate loro sarebbero

Portata del quadretto Veronese al secondo, litri . 145,36
» Mantovano » 314,33

ma, lo ripoto, una tale stima non può essere che molto grossolana, e le portate reali si allontaneranne più o meno da quelle date qui sopra, a seconda che le particolari circostanze diferiranno più o meno da quello che ne fissano i limiti normali.

Nel trattato del 1764 è fatta una certa stima dell'acqua che fluisce da un quadretto Veronese computandola in riguardo alla estensione irrigabile ed alla cultura; nelle dichiarazioni aggiunte al trattato stesso dai periti, è detto « ritenutosi come principale base, e fondamento della distribuzione delle acqne, che il quadretto di acqua di misura veronese, dovesse servire por ottanta campi (pertiche censuarie 240,18) di risaia, e che lo stesso quadretto potesse bastare per irrigare poco più di 26 campi (pertiche censuarie 78,06) di prato ciascun giorno, abbiamo regolato tutte le grandezze delle luci destinate per l'adacquamento dei risi in maniera che estraessero un quadretto, o parte di nn quadretto, o più quadretti a misnra che la competenza era o di 80 campi o di un minor numero di oampi, o di nn numero molto maggiore » e più sotto. « Non altrimenti nel determinare la grandezza a qnelle bocche, che dovevano servire all'innaffiamento dei prati, e nel fissare il tempo, per cui l'acqua si doveva usare, ci siamo attennti alla regola, che il quadretto fosse dato per irrigare 26 campi incirca al giorno, onde avesse l'uso per un giorno del quadretto quell'utente che è possessore di 26 campi incirca di prato; essendosi poi da noi supposto che lo stesso prato debba adacquarsi una volta ogni settimana, qnindi in avve-

nire resta fissato l'uso continuo del quadretto a quello il quale è possessore all'incirca di 182 (pert. censuarie 546,4) campi. »

Ho riportato qui questi brani perchè possono dare una idea della stima fatta da quoi pratici della portata del quadretto Veronese, per quanto grossolana essa sia.

649. *Moduli Piemontesi.*

La portata della ruota d'acqua, essendo nel caso di uno scaricatore, è influenzata eziandio della larghezza delle sponde del recipiente in cui essa è scolpita: ritenendo però che queste sieno molto ampie in suo paragone, ed usando dei coefficienti dati in questo caso dalle esperienze di Lesbros si avrà

Portata della ruota Piemontese al secondo, litri . 338,28.

Gli ingegneri Piemontesi valutano la portata dolla ruota litri 341,18 al secondo, che è un po' maggiore della precedente. Convien però considerare che, volendo cho l'acqua sfiori la soglia superiore della luce, per l'effetto dolla chiamata di sbocco, l'altezza premente sarà un poco maggiore, locchè rende più probabile la portata maggiore.

I diffetti però inerenti a questo sistema di bocche rende incertissima la stima della loro portata, e dovrassi ritenere quella data superiormente come la portata della ruota normale, e quindi come un limite intorno al quale oscilleranno da una parte e dall'altra lo portate reali.

Quando agli altri due sistemi sia applicàto un regolatore, allora fluendo l'acqua a libera cascata, ed essendo la contrazione completa e tranquillo il liquido a monte del foro, saranno con molto maggiore fiducia applicabili le regole date nella foronomia. Secondo le stesse sarà

Portata dell'oncia d'acqua al secondo in litri = 23,90

» del modulo d'acqua » = 57,90

Non so come ma il modulo d'acqua in Piemonte si stima litri 59,88.

650. Per gli altri sistemi riesce impossibile determinare la portata, e mi accontenterò di riassumere qui in un qua-

dro le portato dei varii moduli valutati di sopra, nonchè il lòro rapparto coll'oncia magistrale Milanese.

Unità di misura	Portata in litri al minuto secondo sessagesimale	Portata relativa essendo uno l'oncia magistrale
Oncia magistrale Milanese .	44,67	1,00
» Cremonese	25.95	0,58
» di Crema	23,02	0,52
» di Lodi	22,34	0,50
Ruota Piemontese	341,18	7,64
Oncia Piemontese	23,90	0,54
Modulo Piemontese . . .	57,90	1,30
Quadretto Veronese . . .	145,36	3,25
Quadretto Mantovano. . .	314,33	7,04

Capo VI. — Della partizione delle acque e dei partitori.

651. Scopo del problema della partizione delle acque è quello di dividere tutta l'aequa che scorre per un dato canale fra varii utenti in un determinato numero di parti aventi fra loro un determinato rapporto, e così che un tale rapporto si mantenga sempre lo stesso in qualunque stato dell'aequa. Quell'edificio mediante cui si cerca di raggiungere un tale scopo dicesi *partitore*.

Nessuna pratica speciale essendo prescritta, nè essendovi norma alcuna che la legge o l'uso abbia segnalizzata nella costruzione di un partitore, la soluzione del problema e la disposizione dell'apparato sono interamente abbandonati alla perizia dell'ingegnere incaricato di operare la voluta partizione, il quale dovrà regolarsi in ogni caso in base alle nozioni più accertate dell'idraulica ed alle speciali condizioni dei luoghi.

652. Se la corrente dovesse partirsi soltanto in due

parti eguali, nulla sarebbe più facile della costruzione di nn partitore opportuno. A quost'uopo si sceglierebbe un tronco della corrente dei più regolari e diritti, o tale si dovrobbe ridurre, per la lunghezza di un cento e cinquanta metri almeno, affinchè l'acqua abbia campo di prendere un movimento il più regolare possibile prima di presentarsi al partitore propriamente detto. All'estremità di questo tronco e sopra una lunghezza di 10 o 12 metri si ridurrà il fondo piano orizzontale, costruendo all'uopo una opportuna platea in muratura, e così pure in muratura, e per la stessa lunghezza, si costruiranno le sponde, piane, verticali e parallele nella direzione dell'asse del canale. Con ciò la corrente per entro a quell'ultimo tronco si sarà regolarizzata così da rendere sommamente probabile la supposizione che la velocità vada crescendo dalle sponde verso il mezzo e dall'una o dall'altra parte secondo una legge eguale, e cho precisamente nel mezzo corra il filone della corrento stessa. Sc ciò é basterà condurre inferiormento per un certo tratto un muro dividente in due la corrente, il quale verso la corrente stessa si terminerà in uno spigolo acuto di pietra che servirà come di coltello dividente la massa dell'acqua in due parti eguali; e quindi entrando questo nei rispettivi compartimenti con eguale velocità media, sarà sufficiente di costruire identici i due rigagnoli ordinati a riceverla e a condurla avanti per tutta quella lunghezza oltre la quale nessuna influenza possono più esercitare sulla bocca di cfflusso.

653. Una tale partizione per due può valere anche a partire in due parti aventi una proporzione qualunque di $m : n$ purchè $m + n$ sia una potenza del duo, ed anche in nn maggior numero di parti nel rapporto di $m : n : p$ ecc. purchè sempre sia $m + n + p +$ ecc. una potenza del due, pel chè fare basterà suddividere successivamente in due l'acqua scorrente pei successivi rigagnoli. Per es.: supponiamo che una data corrente debbasi dividere in tre parti aventi fra loro il rapporto dei numeri $1 : 6 : 9$ essendo appunte $1 + 6 + 9 = 16$ nna potenza di due: Si principierà con un primo partitore a dividere la corrente in due parti eguali; quindi con un secondo partitore, posto nei due rigagnoli a tale distanza dall'incilo che l'acqua siasi ormai regolarizzata per entro i medesimi, si suddividerà una di queste in altre due parti pure eguali fra loro; un terzo partitore dividerà ciascuna di queste in altre due parti eguali, e final-

mente un quarto partirà egualmente ciascuna di quest'ultime; basterà poi riunire in unici rigagnoli il numero di parti richiesto, e la partizione sarà compiuta.

Un tal metodo esigerà è vero molteplici costruzioni ed una grando lunghezza di spazio, ma è forse l'unico col quale si possa aspirare a molta esattezza. Ad ogni modo la molteplicità delle costruzioni, e l'estensione dello spazio occupato farà sempre sì che venga preterito e che si ricorra ad altri metodi, se non di eguale esattezza almeno più comodi e meno dispendiosi,

654. Quando si possa disporre di una sufficiente caduta allora si potrà sciegliere il partitore proposto dal celebre Tadini, il quale è così descritto dal suo autore nella nota VII alla sua memoria: « Della misura delle acque correnti. »

« Si scelga un tronco del canale diritto, o tal si riduca, per una lunghezza eguale ad 8 o 10 larghezze dell'alveo al più, ed all'estremità inferiore di esso si fabbrichi il partitore, che dovrà comprendere due parti; l'una alta che versa l'acqua e che diremo *versatore*, l'altra bassa che chiameremo propriamente il *partitore*, formata dalle teste dei rigagni, fra i quali l'acqua rimane nell'assegnata proporzione scompartita. »

La larghezza del versatore si farà eguale a quella del canale, e in modo che i due assi si corrispondano; la sua lunghezza dai 3 ai 10 metri, secondo che il canale è piccolo o grande; la platea orizzontale è lastricata di pietre, le sponde sono di muro verticali e parallele.

« Sotto il versatore si colloca il partitore propriamente detto, vale a dire si dispongono le teste dei rigagnoli nei quali si versa e si scomparte l'acqua. Le loro sponde sotto la gronda del versatore debbono formarsi di pietra o di marmo e terminarsi superiormente in uno spigolo acuto e tagliente, perchè debbono fendere la grondaia dell'acqua che loro piomba sopra. La sommità di ogni spigolo sarà a livello della soglia o platea del versatore, la sua lunghezza non dovrà essere minore della corda tesa sotto l'arco descritto dall'acqua grondante: al di là di questi spigoli toglienti le ripe dei rigagni si fanno di muro o di terra, come più si stima convenire. »

Gli spigoli delle teste dei rigagni devono dividere la larghezza totate in porzioni tali, che abbiano fra loro lo stesso rapporto delle parti in cui va divisa la corrente.

655. Quando però la partizione sia tale che nè la somma

dei singoli rapporti sia una potenza del due, oppure anche essendolo non si creda di ricorrere ad un metodo troppo complicato; nè siavi sufficientemente caduta per applicare il partitore di Tadini, allora riescendo impossibile il far sì che l'acqua non corra più veloce nel mezzo di quello sia verso le sponde, si è forzati dalla necessità a ricorrere a semplici approssimazioni, rese più o meno esatto dalla maggiore o minore perizia dell'ingegnere, e dalla maggiore o minore difficoltà di attuare lo relativo misure a seconda delle speciali circostanze del caso.

La maggiore difficoltà da superare si e quella di mantenere esatto il rapporto nei vari stati della corrente, essendochè soltanto per luci rettangolari, aventi la medesima altezza ed i centri a livello, i rapporti delle portate sono costanti qualunque sia il carico sovraincombente, quando l'acqua a monte delle stesse sia stagnante, come pure quando si affacci ad esse con eguale velocità. Moderando però l'acqua mediante canali, se anche non sia difficile assegnar loro dimensioni tali da dare alle varie porzioni dell'acqua scorrente per entro ai medesimi un assegnato rapporto in un determinato stato dell'acqua, al variare dell'altezza di questa varia il rapporto medesimo, e la partizione buona in uno stato non lo sarà più in uno stato differente dal primo. Se si vuol passar sopra una tale difficoltà sarà almeno sempre necessario di assicurare l'esattezza della operazione pel caso di acque scarse, nel qual caso un'ingiusta partizione potrebbe tornare maggiormente dannosa.

656. In tutti i casi è necessario non allontanarsi mai da alcune precauzioni che l'uso e la ragione consigliano; esse possono ridursi alle seguenti.

1° Non si costruirà mai un partitore se non al termine di una porzione rettilinea e molto regolare del canale comune; oppure si ridurrà così rettilineo o regolare l'alveo del canale per una lunghezza di 150 o 200 metri almeno, dando allo stesso sponde esattamente parallele, ed una uniforme pendenza di fondo.

2° Per dodici o quindici metri a monte del luogo ove si colloca il partitore lo sponde del canale comune si faranno di muratura e verticali, e il fondo, pure in muratura, si condurrà piano ed orizzontale.

3° Si eviteranno sempre gli spigoli saglienti dei muri, delle volte ecc., i quali darebbero luogo a contrazioni ineguali per l'acqua che passa nei vari rami; e si abbando-

nerà assolutamente l'uso di acquedotti coperti, di tubi di condotta ecc., nei quali l'efflusso non si opera come nei canali o acquedotti scoperti.

657. Soddisfatte le condizioni precedenti si cerca ancho di soddisfare generalmente l'altra di daro allo varie aperture per cui l'acqua entra nei canali secondarii larghezze proporzionali ai rispettivi diritti, e ciò allo scopo che i varii utenti vadano porsuasi di avere ciascuno la sua giusta porzione dell'acqua. Allora le precauzioni da prendersi mirano a ciò cho le singolo velocità medie riescano il più possibilmento egnali fra loro all'imboccatura dei varii rami, per cui si possa ammettere che le portate sieno proporzionali alle rispettive larghezze. A raggiungere questo scopo la pratica si valse di molti mezzi, varii a seconda delle circostanze locali; ora si diede ai rami più larghi, e quindi più avvantaggiati, una direzione più obliqua a quella del canale principale; ora si stabilirono briglie e salti di varia altezza nei canali dividenti a varia distanza a valle del punto di partizione, cercando con ciò di regolare la loro caduta; ora si stabilì a monte, e in faccia dei rami centrali troppo favoriti, un piccolo pilone avvanzato, il qualo ha per iscopo di dividero i filetti liquidi a profitto dei rami laterali ecc. Lascio a chi ha un po' di perizia nella condotta delle acque il giudicare intorno alla facilità di applicare qualcuno dei mezzi predetti, ed alla attendibilità del loro uso; per me, lo dirò francamente, mi paiono più opportuni a mascherare l'ignoranza nostra di quello sia a raggiungere lo scopo per cui sono adottati, nè sarei certo per promettermi dal loro uso alcun vantaggio reale.

658. Tutto ben considerato, e pensando che la corrente a partirsi non sarà mai d'una grandissima portata, credo ancora che il metodo da preferirvi debba essere il seguente. Si riduca l'ultimo tronco dol canalo comune, nel punto dove vuolsi operare la partizione, ad una specie di conca, intestandolo alla estremità e riducendo le due sponde laterali parallele e verticali con costruzioni murali, come pure riducendo il fondo, con opportuna platea, piano ed orizzontale, e ciò per la lunghezza di un quindici in venti metri, avendo cura di dare alla conca una sezione trasversale la maggiore possibile. Ciò fatto, se ad es: la corrente debba partirsi in due, nel rapporto di m ad n, ad una distanza di quattro in cinque metri dal termine, si apriranno nelle due sponde laterali, l'una di faccia all'altra, due luci rettangolari

egualmen e alte, egualmente depresse, e le cui larghezze abbiano il rapporto di m ad n, secondo cui deve operarsi la partizione: l'acqua fluita si accompagnerà poi con canali del tutto simili frà loro fino a tale distanza dalle luci che si possa andar sicuri che nessuna ulteriore inflenza avranno sulle rispettive portate. L'ampiezza delle luci si regolerà così da produrre il massimo ringorgo permesso dalle circostanze locali. Così operando l'acqua nella conca si eleverà si a varie altezze ma la partizione avverrà sempre nello stesso rapporto, essendochè, la velocità laterale conservata dall'acqua potendo stimarsi nulla, il rapporto delle portate è indipendente dal carico.

Che se la partizione dovesse farsi in più di due parti, per esempio in tre, nel rapporto di m: n: q; allora si potrebbero ancora aprire nelle sponde laterali tre luci le cui larghezze avessero il rapporto assegnato alla partizione, e così discoste quelle due che sarebbero aperte nella stessa sponda da non temere alcuna influenza reciproca, collocando l'altrà di faccia ed in mezzo frà le due che la prospettano; solo in tal caso converrà dare alla conca una maggiore lunghezza. Credo però che sarebbe miglior partito dividere prima la corrente in due, nel rapporto di $m + n$ a q, e poi, mediante una nuova costruzione, analoga alla precedente, partire di nuovo la corrente prima in due, nel rapporto di m ad n. Analogamente si procederà se le partizioni dovessero farsi in maggior numero, preferendo sempre la partizione per due, come quella che presenta maggior sicurezza; fortunatamente è anche questo il caso che succede più di frequente, o quello almeno al quale è sempre assai facile ricondurre qualunque partizione.

ERRATA - CORRIGE

Pag.	lin.	*Errori.*	*Correzioni.*
10	24	con due lati a livello	con un lato a livello
16	23	incomprensibile	incompressibile
39	3	m S	m L
50	20	0,855	0,875
98	ultima	$t = \frac{2ab}{a+b} \sqrt{\bar{h}} - h_1$	$t = \frac{2ab}{a+b} \sqrt{h - h_1}$
120	9	$5{,}093\, \beta \frac{L}{.\, D^3 \sqrt{D}} Q^2$	$5{,}093 \,.\, \beta \,.\, \frac{L}{D^3 \sqrt{D}} \,.\, Q$
122	4	$6{,}4846\, a \frac{L}{D^5} \left\{ Q^2 + 0{,}7854 . b Q D^2 \right.$	$6{,}4846\, a \frac{L}{D^5} \left\{ Q^2 + 0{,}7854\, b\, Q D^2 \right\}$
123	13	trascinarla	trascurarla
124	terz'ult.	ovvero	avremo
125	13	dalle funzioni	dalle frazioni
137	10	un'altezza	un'ampiezza
148	22	Asta vitrometrica	Asta ritrometrica
176	21	Sostituendo nella stessa z	Sostituendo nella stessa a
207	8	l'operazione	l'equazione
231	27	poi scaricarsi	può scaricarsi
252	20	pieve	piene
272	27	si farà sponde	si fra sponde
311	33	al periodo	al pericolo
315	37	producendosi	si produrrà
343	ult.	che si avesse	che se si avesse
357	penult.	promettono	permettono
363	35	edifiico	edificio
365	9	concerte	converte
367	penult.	lunghezza	larghezza
368	10-11	lun-ghezza	lar-ghezza
374	15	ingegnori	ingegneri

PRESSO LO STESSO EDITORE

—

IN CORSO DI STAMPA

Selvatico P. march. Nuova Guida di Padova e dintorni, elegante volume corredato da pianta ed incisioni.

Santini G. prof. Tavole dei Logaritmi precedute da un trattato di Trigonometria piana e sferica; 3.a edizione migliorata ed aumentata dall'autore, con il concorso del prof. Legnazzi e dott. Lorenzoni.

—

Blaggi. Opere Mediche ordinate ed annotate dai dott. F. Coletti e A. Barbò Sonciu. Padova 1859, in 8. vol. 5 . . . . It. L. 25 —

Cittadella Giovanni. L'Italia di Dante. Studii, maggio 1865 in 8.o . . . . » 1 —

Cavalletto A. dott. Pensieri e voti pel coordinamento idraulico degli scoli col nuovo sistema dei fiumi del Padovano. Padova 1858. . . . . . . » 1 —

Coletti F. Acque Minerali della Lombardia e Veneto. Padova 1855, in 8. . . . . . . , ... » 1 —

Del Colle Giovanni. Manuale pel Ramo Acque e Strade ed altre Opere a carico dei Comuni. Padova, in 4. . . . . » 4 —

Dante e Padova. Studii Storico-critici. Padova 1865 in 8. (in occasione del sesto centenario Dantesco) » 7 50

Ferrai E. prof. Degli intendimenti e del metodo della filologia classica. Padova 1867, in 8. . . . » — 60

Giacomini G. A. prof. Opere Mediche edite ed inedite, ordinate ed annotate dai dott. B. Mugna e F. Colletti. Padova, vol. 10 in 8. . . . . . » 50 —

Keller A. prof. Il terreno agrario. Padova 1864 in 12 » 2 50

Humboldt A. Cosmos, Saggio di una descrizione fisica del Mondo. Venezia 1860 vol. 4, in 8. . » 14 —

Luzzati L. prof. La diffusione del Credito e le banche Popolari. Padova 1863, in 12. . . . . » 2 50

Messedaglia Angelo prof. Le Statistiche Criminali dell' impero Austriaco con particolare riguardo al Lombardo-Veneto. Venezia 1867, in 8 . . . . » 4 50

Rokitansky Carlo. Trattato completo di anatomia Patologica, prima traduzione italiana dei dottori Ricchetti e Fano. Venezia 1852, in 8. vol. 3. . » 9 —

Racchetti A. prof. Procedure speciali. Crema 1856 » 1 20

Selvatico Pietro march. Arte ed artisti. Studii e Racconti. Padova 1865, in 12 . . . . . . » 5 —

Simon Gustavo dott. Le malattie della pelle ricondotte a' loro elementi anatomici, prima traduz. dei dott. Fano e Ricchetti. Venezia 1854, in 8. » 2 50

Selvatico P. march. Vantaggi del vigneto a palo secco nei terreni sterili del Padovano. Padova 1863, in 12 . . . . » — 50

Volpi A. Considerazioni sul sangue. Padova 1853 » 1 20